

**ХАРКІВСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

Матеріали ХХVІІІ Міжнародного  
молодіжного форуму

«Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті»

**ТОМ 2**

«Автоматизовані системи та  
комп'ютеризовані технології  
радіоелектронного  
приладобудування»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

МАТЕРІАЛИ  
28-го МІЖНАРОДНОГО МОЛОДІЖНОГО ФОРУМУ  
«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ У ХХІ СТОЛІТТІ»  
16 – 18 квітня 2024 р.

Том 2

КОНФЕРЕНЦІЯ  
«АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ  
ТА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»

Харків 2024

УДК [681.5:004]:[621.37/39:681.2](06)

28-й Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті». Зб. матеріалів форуму. Т. 2. – Харків: ХНУРЕ. 2024. – 177 с.

У збірнику представлено матеріали доповідей учасників 28-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у ХХІ столітті».

Для науковців, викладачів, практичних працівників, студентів, а також широкого кола читачів, які цікавляться цією проблематикою.

Відповідальність за зміст поданого матеріалу несе його автор.

Видання підготовлено  
факультетом автоматичних і комп'ютеризованих технологій  
Харківського національного університету радіоелектроніки

61166 Україна, Харків, просп. Науки, 14 тел./факс: (057) 7021397  
E-mail: [mref21@nure.ua](mailto:mref21@nure.ua)

**ISBN 978-966-659-392-7**  
**DOI [10.30837/IYF.ASCTREDB.2024](https://doi.org/10.30837/IYF.ASCTREDB.2024)**

© Харківський національний  
університет радіоелектроніки  
(ХНУРЕ), 2024

## ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Филипенко О. І. доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій (АКТ)
- Невлюдов І.Ш. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАР)
- Giergiel M. Ph.D., D.Sc.Eng., AGHUniversity of Science and Technology, Krakow, Poland.
- Павлиш В.А. кандидат технічних наук, професор кафедри електронних засобів інформаційно-комп'ютерних технологій.
- Мосьпан В.О. кандидат технічних наук, професор, декан факультету електроніки і комп'ютерної інженерії (ФЕКІ)
- Єфіменко А.А. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електронні засоби і інформаційно-комп'ютерні технології (ЕЗіКТ)
- Хорошайло Ю.Є кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри проектування та експлуатації електронних апаратів (ПЕЕА).
- Євсєєв В.В. доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАР)
- Ключник І.І. кандидат технічних наук, професор, професор кафедри проектування та експлуатації електронних апаратів (ПЕЕА)

**УДК 681.518.5**

**КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ЯК ОСНОВА ДЛЯ СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Басюк В.С.

Науковий керівник – к. т. н., доц. Чала О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР  
м. Харків, Україна

e-mail: [vladyslav.basiuk@nure.ua](mailto:vladyslav.basiuk@nure.ua)

The work examines the system approach to developing an automated logistics line. The key principles of the system approach are optimality, emergencies, systematicity, hierarchy, integration, and formalization.

Системний підхід полягає у вивченні найбільш загальних форм організації, передбачає перш за все вивчення частин системи, взаємодію між ними, дослідження процесів, що пов'язують частини системи з її цілями. Системний підхід є основним підходом у автоматизації логістики.

Це комплексне вивчення об'єктів і явищ логістичних систем з метою ліквідації невідповідності між інтересами та цілями всієї логістичної системи та її окремих елементів, між логістичною системою та зовнішнім середовищем.

Щоб почати роботу над проектуванням будь якої автоматизованої виробничої логістичної системи необхідно чітко визначити критерії системи. Для цього необхідно виконати роботу, яка складається з чотирьох етапів. Етапи системного підходу при створенні автоматизованих логістичних систем представлено на рис.1.

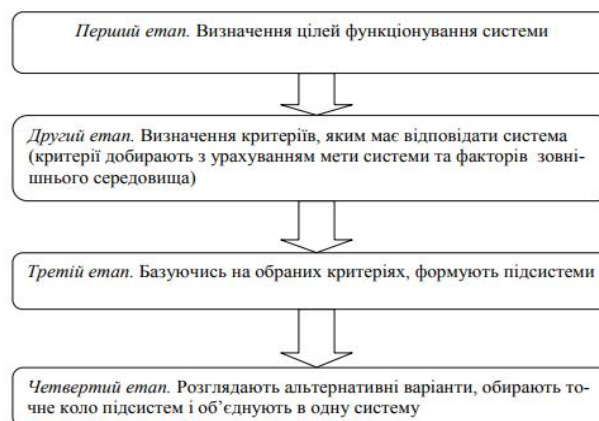


Рисунок 1 – Створення логістичних систем згідно системного підходу

Згідно логіки системного підходу, кожна система є цілісною незважаючи на кількість підсистем, які входять до її складу. Головною умовою для визначення об'єкта як системи є те, щоб усі підсистеми були об'єднані загальною метою. Безперечно, системний підхід є прогресивним і дозволяє розкрити усі інтеграційні властивості досліджуваного об'єкта, ефективно використати міцні внутрішні і зовнішні зв'язки.

Основними принципами системного підходу стосовно автоматизації логістики є принципи оптимальності; ємерджентності; системності; ієрархії; інтеграції та формалізації. Оптимальність означає характеристику рівня якості прийнятих рішень, характеристику стану логістичної системи або її поводження (розподіл ресурсів). Задача полягає не в тім, щоб знайти рішення краще існуючого, а в тім, щоб знайти саме краще рішення з усіх можливих.

Принцип ємерджентності. Чим більше логістична система і чим більше розходження в розмірах між частиною і цілим, тим вище імовірність того, що властивості цілого можуть сильно відрізнятись від властивостей частин. Ємерджентність (цілісність) – це властивість системи виконувати задану цільову функцію, реалізована тільки логістичною системою в цілому, а не окремими її елементами.

Необхідність ієрархічної побудови логістичних систем обумовлена тим, що управління в них зв'язане з переробкою і використанням великих масивів інформації, причому на нижчих рівнях використовується більш детальна і конкретна інформація, що охоплює лише окремі аспекти функціонування логістичної системи, а на більш високі рівні надходить узагальнена інформація, що характеризує умови функціонування всієї логістичної системи, і приймаються рішення відносно логістичної системи в цілому.

Принцип інтеграції спрямований на вивчення інтегративних властивостей і закономірностей у логістичних системах. Інтегративні властивості виявляються в результаті сполучення елементів до цілого, сполучення функцій у часі й у просторі. Принцип формалізації націлений на одержання кількісних і комплексних характеристик логістичної системи.

Для правильної побудови логістичної системи найкращим рішенням є використання системного підходу. Такій підхід є прогресивний чотирьох етапний та базується на принципах оптимальності; ємерджентності; системності; ієрархії; принцип інтеграції та формалізації.

Список використаних джерел:

1. Nevliudov Igor, Maksymova Svitlana, Chala Olena, Bronnikov Artem, & Vzhesnievskiy Maksym. (2023). Automated Logistics Processes Improvement in Logistics Facilities. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 3(3), 157-170.

2. Nevliudov, I., Vzhesnievskiy, M., Romashov, Y. і Chala, O. (2023) «Математичне моделювання мехатронних шатлів як об'єктів автоматизації для багаторівневих систем внутрішньоскладської логістики», Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості, (4 (26), с. 135–144. doi: 10.30837/ITSSI.2023.26.135.

3. I. Nevliudov, A. Bronnikov, O. Chala and R. Allakhveranov, "Improvement and Optimization of Automated Logistics Processes in Logistics Premises," 2023 *IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/MEES61502.2023.10402386.

## МЕТОД ВІДНІМАННЯ ФОНУ У ЗАСОБАХ ВІДЕОСТЕРЕЖЕННЯ ПРОМИСЛОВО-ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Білоконь М.А.

Науковий керівник – к. т. н., доц. Чала О.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР,  
м. Харків, Україна

e-mail: [mykola.bilokon@nure.ua](mailto:mykola.bilokon@nure.ua)

The paper presents the features of using the background subtraction technique and types of comparison and threshold processing for the use of control in the production space.

Якщо розглядати промислово-виробничі приміщення в розрізі концепції INDUSTRY 4.0, то обов'язковою складовою є включення в загальну компютерно-інтегровану систему їх функціонування та обслуговування є відео спостереження. Такі системи в себе, як правило включають, дві основні складові: підсистема контролю за самим ходом технологічного процесу та відеофіксація переміщень об'єктів навколо. Дані системи включають в себе охорону навколишніх територій та приміщень, контроль руху та виявлення підозрілих дій на місцевості, що контролюється. Надійне виявлення рухомого об'єкта є важливою вимогою для таких систем.

Виявлення рухомих об'єктів – це відокремлення рухомих об'єктів від складного фону. Рухомий об'єкт називається переднім планом.

Багато програм для відеоспостереження та ідентифікації потребують виявлення рухомих об'єктів в полі зору стаціонарної камери. Популярним методом отримання цих силуетів є процес віднімання фону.

Терміни віднімання фону та фонове моделювання часто використовуються як синоніми, вони є окремими процесами.

Фонове моделювання відноситься до процесу створення і згодом збереження моделі зовнішнього вигляду фону в полі зору стаціонарної камери. Фонове віднімання відноситься до процесу, в якому відбувається віднімання джерела.

Процес моделювання використовується для підтримки фонові моделі, коли вона змінюється з часом.

Обмежена область порівнюється з фонові моделлю для того, щоб визначити, чи є окремі пікселі частиною фону чи переднього плану. На рисунку 1 показано, як процеси взаємодіють у стандартній онлайн-моделі обчислень. Зазвичай використовуються фонові моделі, що містять фільтри Калмана, а також розподіл значень пікселів покладається гаусовським.



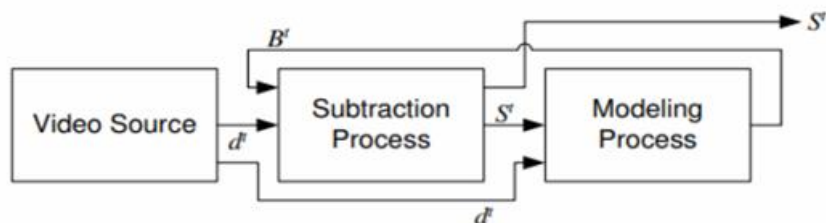


Рисунок 1 – Схема роботи системи віднімання фону

Зазвичай використовуються методики фонового віднімання та різновиди порівняння та порогової обробки.

При використанні статистичних моделей формування фону можуть використовуватися марківські випадкові поля. Для того, щоб знизити складність полів та знизити обчислювальну складність, вони можуть розбиватися на вертикальні та горизонтальні лінії сканування.

Однак, ці поля пропонують лише просторову регуляризацію серед цих ліній сканування. Існує і інший підхід із використанням марковських полів, і цей підхід використовує структуру решітки другого порядку для забезпечення просторових обмежень на процесі віднімання, але не враховує часові обмеження переміщення об'єктів.

Також є і інші підходи до виконання процесу фонового віднімання, які використовують просторові та часові залежності об'єктів у русі, накладаючи їх на зображення. Сегментація в кожен момент часу  $t$  виконується шляхом оцінки максимальної апостеріорної імовірності при аналізі випадкових полів.

Оцінка максимуму апостеріорної імовірності розраховується за допомогою семплера Гіббса з модифікованим (лінійним) графіком і значно зменшеною кількістю ітерацій.

Висновки. При розробці автоматизованих комп'ютерно-інтегрованих систем з різноманіття алгоритмів а промислово-виробничих умовах доцільно використовувати метод віднімання фону у засобах відеостереження, який дасть змогу відокремлювати потенційно важливі об'єкти від загального фону тим, чим в рази підвищиться швидкодія системи, за рахунок скорочення часу відгуку та якості розпізнавання.

Список використаних джерел:

1. Delibaşoğlu, İ. Moving object detection method with motion regions tracking in background subtraction. *Signal, Image and Video Processing*, 17(5). 2023. P. 2415-2423.

2. Гіль А. Промислові інтерфейси та протоколи передачі даних інтегрованих систем для автоматизованого управління в умовах Industry 4.0 / Гіль А., Чала О., Филипенко О. // Виробництво & Мехатронні Системи 2021: матеріали V Міжнар. конф., 21-22 жовтня 2021 р.: Харків, 2021. С. 127-130.

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВНУТРІШНЬО-СКЛАДСЬКИХ ВИРОБНИЧИХ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

Вжесневський М.О.

Науковий керівник – д. т. н., проф. Невлюдов І.Ш.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР,  
м. Харків, Українаe-mail: [maksym.vzhesnievskyi@nure.ua](mailto:maksym.vzhesnievskyi@nure.ua)

In the work, an analysis of intra-logistics processes, types of warehouses and warehouse-transport equipment for the automation of intra-warehouse production logistics systems was carried out.

Внутрішньологістичні виробничі процеси є досить складним, вимагають чіткої узгодженості та урегульованості, вміщують в своїй суті процеси постачання, переробки і розподілу, контролю, розвантаження і приймання вантажів; внутрішньоскладське транспортування та перевалку; складування і зберігання; комплектацію та відвантаження; експедирування; збирання та доставку порожніх товароносіїв; контроль та інформаційне компютерно-інтегороване обслуговування.

Взаємозалежності від характеру виконуваних функцій, склади поділяються на сортувально-розподільчі, транзитно-перевалочні та накопичувальні. Від типу складу залежить і технічні засоби автоматизації, які доцільно використовувати

Склад є частиною різноманітних галузей логістики (постачальницької, виробничої та розподільчої). Незалежно від спрямованості технічної оснащеності переробки вантажу обробка інформаційних потоків має бути автоматизованою та інтелектуалізованою. Тим більше, що сучасним логістичним системам властива єдина інформаційна система для всіх її учасників.

Оптимальна система складування на виробництві передбачає раціональність технологічного процесу на складі. Основною умовою тут є мінімальна кількість операцій з переробки вантажу. Саме тому, важливо визначити оптимальний вид і розмір товароносія, на якому формується складська вантажна одиниця. Такими товароносіями можуть стати: стоїчні, сітчасті, ящичні, пласкі піддони та напівпіддони, а також касети, ящики для дрібних вантажів та правильно підібрані технічні засоби атоматизації - підйомно-транспортне обладнання, для атоматизації складських виробничих систем.

На рис. 1 наведено класифікацію технічних засобів атоматизації транспортно-підйомного обладнання, яке використовується у внутрішньо складських виробничих логістичних процесах.

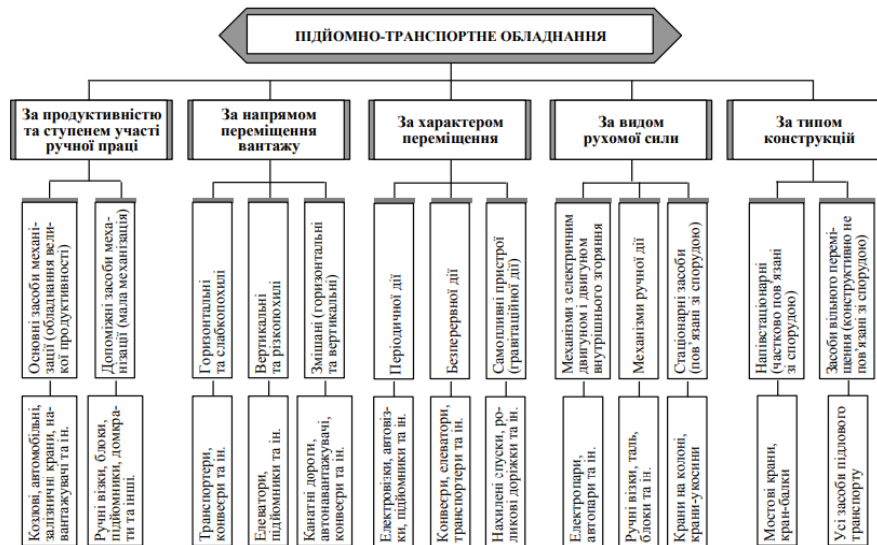


Рисунок 1 – Класифікація транспортно-підйомного обладнання

### Висновки.

При розробці автоматизованих систем управління внутрішньо-складських виробничих логістичних процесів одним з першочергових завдань є вирішення задачі оптимального вибору технічних засобів автоматизації, яким є підйомно-транспортне обладнання з елементами роботизації та інтелектуалізації. Це дасть можливість підвищення максимальної продуктивності, енергоефективності не тільки внутрішньо-складських виробничих логістичних процесів, а й логістичної системи підприємства в цілому.

### Список використаних джерел:

1. Nevliudov I., Vzhesnievskiy M., Romashov Y., Chala O. Математичне моделювання мехатронних шатлів як об'єктів автоматизації для багаторівневих систем внутрішньоскладської логістики. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023. № 4 (26). С. 135–144. doi: 10.30837/ITSSI.2023.26.135.
3. Nevliudov Igor, Maksymova Svitlana, Chala Olena, Bronnikov Artem, Vzhesnievskiy Maksym. Automated Logistics Processes Improvement in Logistics Facilities. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*. 2023. № 3(3), P. 157–170.
4. Nevliudov I., Bronnikov A., Chala, Allakhveranov R. Improvement and Optimization of Automated Logistics Processes in Logistics Premises. *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*. Kremenchuk, Ukraine, 2023. pp. 1–6, doi: 10.1109/MEES61502.2023.10402386.

## ПОХИБКИ РУХУ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ПЕРВИННОЇ ТА ВТОРИННОЇ ОБРОБКИ

Гонтаренко І.О.

Науковий керівник – к. т. н., проф. Новоселов С.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР,  
м. Харків, Україна

e-mail: [ihor.hontarenko@nure.ua](mailto:ihor.hontarenko@nure.ua)

This work is devoted to the analysis and determination of errors and their nature when moving a mobile platform in the working areas of production.

Навігаційно-часовими визначеннями (НЧВ) формування оцінок координат, складових швидкості і прискорення мобільного робота та поточного часу в результаті обробки радіосигналів, прийнятих від навігаційних супутників. Зазвичай точність НЧВ визначається двома типами похибок: похибками, що виникають на етапі первинної обробки, і похибками, що відповідають етапу вторинної обробки [1].

При первинній обробці формуються оцінки дальностей (псевдодальностей), швидкостей (псевдошвидкостей) та прискорень (псевдоприскорень), то похибками для даного етапу є похибки визначення псевдодальності, псевдошвидкості та псевдоприскорення. Складові похибки, що виникають на етапі первинної обробки, при визначенні псевдодальності дальномірним методом розглянуті в [2], а складові похибки етапу первинної обробки визначення псевдо швидкості.

На етапі вторинної обробки оцінки псевдодальності, псевдошвидкості та псевдоприскорення перераховуються в оцінки координат мобільного робота, тому похибки цього етапу визначаються факторами, які впливають на ефективність перерахунку.

Похибку етапу вторинної обробки можна розділити на такі складові [2]:

– похибки, що виникають внаслідок неповного врахування умов поширення радіохвиль (вплив тропосфери та іоносфери на запізнення сигналу, релятивістських та гравітаційних ефектів, а також багатопроменевого поширення сигналу);

– похибки бортової апаратури та апаратури мобільного робота;

– похибки, що вносяться на етапі розв'язання навігаційної задачі;

– похибки ефемеридного забезпечення.

Тому аналіз та оцінка складових похибки, що виникає на етапі вторинної обробки НЧВ є досить актуальною та значущою проблемою, що виникає при використанні технологій слідування траєкторії руху мобільної платформи на основі даних від акселерометрів та гіроскопів.

Похибки, що виникають на трасі поширення сигналу, є найменш передбачуваними і тому можуть суттєво впливати на точність визначення координат. Рефракція радіохвиль, яка проявляється у викривленні шляху поширення, також вносить додаткові затримки сигналу. На поширення радіохвиль впливають тропосфера, розташована біля поверхні Землі

Для зменшення впливу атмосферних похибок рекомендується виключати з розрахунків результати вимірювань за сигналами НС, кут місця. Однак значення тропосферної похибки залежить від факторів, які можна досить точно визначити: кліматичних факторів та кута місця навігаційного супутника (кута підняття над горизонтом).

Похибки апаратури мобільного робота це похибки прийомоіндикатора є схеми стеження за затримкою оригінальної та носійної сигналу, при цьому розрізняють шумові й динамічні похибки.

**Висновки.** Можна зробити висновки, що наразі системи позиціонування мобільних платформ в виробничих приміщеннях в переважній більшості, знаходяться на стадії доопрацювання і робота в цьому напрямку є затребуваною. Проте вартість їх впровадження та витрати на експлуатацію в поєднанні з недостатньою точністю часто переважають отримані вигоди, що вказує на необхідність їх доопрацювання.

Похибки, що вносяться на етапі розв'язання навігаційної задачі оцінки псевдодальностей, псевдошвидкостей і псевдоприскорень, отримані на етапі первинної обробки за чотирма або більше видимими НС, використовуються для розрахунку оцінок координат та векторів швидкості і прискорення МР, що є сутністю вторинної обробки інформації в приймальній пристрої (або розв'язання навігаційної задачі). При проведенні необхідних розрахунків використовується інформація про координати і складові вектора швидкості (ефемериди) кожного НС, яка виділяється з навігаційного повідомлення. Точність цієї ефемеридної інформації безпосередньо впливає на точність НЧВ.

#### Список використаних джерел:

1. Nevliudov I., Novoselov S., Sychova O., Tesliuk S. Development of the Architecture of the Base Platform Agricultural Robot for Determining the Trajectory Using the Method of Visual Odometry, 2021 *IEEE XVIIIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, Polyana (Zakarpattya), 2021. P. 64–68. doi: 10.1109/MEMSTECH53091.2021.9468008.

2. Рудик А. В. Використання стелс-технологій в мобільних робототехнічних комплексах та методи виявлення малопомітних об'єктів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2016. № 2. С. 146-150.

**СУЧАСНІ ПІДХОДИ У СФЕРІ ГУМАНІТАРНОГО  
РОЗМІНУВАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РОБОТОТЕХНІЧНИХ  
КОМПЛЕКСІВ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

Дзюба С.С.

Науковий керівник – к.т.н., с.н.с. Янушкевич Д.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР  
м. Харків, Україна

e-mail: [serhii.dziuba@nure.ua](mailto:serhii.dziuba@nure.ua)

As of March 2024, the territory of Ukraine contaminated by explosive objects is 156,000 square meters. km, that is, about 25 % of the total area of the state. In Ukraine, a ten-year goal has been set to examine all territories for the presence of explosive objects and which should be safe for the civilian population. This goal can be achieved and should be based on modern approaches to the system of humanitarian demining with the use of robotic complexes and artificial intelligence.

Станом на березень 2024 р. територія України яка забруднена вибухонебезпечними предметами (ВНП) складає 156 тисяч кв. км, тобто близько 25 % від загальної площі держави. В Україні поставлена мета за десять років обстежити всі території на наявність вибухонебезпечних предметів та які мають бути безпечними для мирного населення. Ця мета може бути досягнута і повинна базуватися на сучасних підходах до системи гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних комплексів та штучного інтелекту.

Це передбачає використання БПЛА, наземних робототехнічних комплексів (НРТК) і систем зі штучним інтелектом (ШІ), які можуть визначати наявність небезпеки без втручання людини шляхом вивчення результатів обстеження територій, забруднених ВНП із застосуванням БПЛА, НРТК, ШІ та керування якістю розмінування [4].

Система управління якістю розмінування складається з двох частин [1]:

– це гарантія якості, тобто впевненість у тому, що оператор, який заявив свою спроможність очищувати території, які забруднені ВНП, дійсно на це спроможний;

– контроль якості гуманітарного розмінування.

Пріоритетними для розмінування є об'єкти електро-, водо-, газо-, тепlopостачання, критичної й транспортної інфраструктури, сільськогосподарські землі тощо [2].

Застосування робототехнічних комплексів та штучного інтелекту здійснюється за такими напрямками:

– оцифрування та автоматизація операцій гуманітарного розмінування;

– розширення цифрових можливостей для координації очищення та оцінки земель, які були забруднені ВВП, визначення пріоритетів регіонів та управління ризиками в протимінній діяльності та сфері гуманітарного розмінування;

– використання асистента на базі платформи штучного інтелекту Palantir (AIP) для прийняття рішень у системі гуманітарного розмінування.

Основні етапи процесу гуманітарного розмінування можна розділити на етапи, які наведені у табл. 1 [2, 4].

Таблиця 1 – Етапи процесу гуманітарного розмінування

Номер етапу	Зміст етапу
1-й етап	Нетехнічне обстеження
2-й етап	Технічне обстеження
3-й етап	Розмінування території, забруднених ВВП та очищення районів ведення бойових дій
4-й етап	Утилізація (знищення, знешкодження) ВВП
5-й етап	Контроль якості розмінування та передача територій, забруднених ВВП їх користувачам

Платформа III Palantir AIP повинна працювати з великими базами даних (Big Data), сформованих усіма учасниками процесу розмінування – від органів місцевого самоврядування, регіональної влади, міністерств та відомств і до операторів протимінної діяльності, аналізувати ухвалювати рішення та розставляти пріоритетні шляхи розмінування [5].

Бази повинні містити як сталу інформацію, наприклад, оцінку економічної ефективності сільгоспземель, близькість забруднених територій ВВП до комунікацій тощо, так і оперативну, яка буде регулярно оновлюватися (дані про обстеження територій Державної служби з надвичайних ситуацій України, Збройних Сил України, неурядовими операторами, кількість та стан техніки, наявність піротехнічних підрозділів на конкретних напрямках тощо).

Очікується, що Palantir AIP, наприклад, зможе надати допомогу допомогу та здійснювати очищення та керування якістю гуманітарного розмінування конкретних територій, які забруднені ВВП за допомогою сучасних методів та засобів розмінування (БПЛА, НРТК, систем III), або із застосуванням традиційних методів (механічне розмінування).

Кінцевою ж метою є розмінування території у більш короткий термін та за менших витрат.

Нетехнічне обстеження передбачає збір, аналіз та оцінювання інформації стосовно території для подальшої її класифікації за статусом небезпеки, без використання технічних засобів пошуку ВВП.

Технічне обстеження включає збір та аналіз даних про наявність, тип, розподіл та навколишні умови знаходження ВВП із застосуванням технічних засобів, щоб визначити місце, де присутні міни та ВВП, а де їх немає, для сприяння пріоритизації вивільнення земель та забезпечення прийняття рішень шляхом надання фактів [3].

Контроль якості розмінування – елемент процесу управління якістю розмінування, який забезпечує повне дотримання вимог щодо ліквідації небезпек, пов'язаних з вибухонебезпечними предметами, а також контроль за дотриманням вимог щодо якості розмінування.

Проведений аналіз дає змогу дійти висновку про існування та складність проблеми гуманітарного розмінування, яка потребує креативності та комплексного підходу до її розв'язання. Креативний підхід передбачає застосування новітніх робототехнічних засобів, зокрема БПЛА, наземних робототехнічних комплексів та систем, систем зі штучним інтелектом, які можуть без втручання людини визначати наявність небезпеки шляхом дослідження результатів обстеження території БПЛА та управлінням якістю розмінування.

#### Список використаних джерел:

1. Nevliudov, I., Yanushkevych, D., Ivanov, L. Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian demining. / I. Nevliudov, D. Yanushkevych, L. Ivanov // *Technology Audit and Production Reserves*, 6/2 (62). – 2021. – Р. 47-52.

2. Янушкевич Д., Іванов Л., Толкунов І. Креативні підходи управління якістю у сфері гуманітарного розмінування із застосуванням робототехнічних систем / Д. Янушкевич, Л. Іванов Л., І. Толкунов // *Збірник матеріалів V форуму «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології» АЕРТ-2023.* – Харків, ХНУРЕ, – С. 55-59.

3. Підвищення ефективності робіт з гуманітарного розмінування шляхом застосування сучасних робототехнічних систем / Толкунов І. О., Янушкевич Д. А., Губар С. В., Гайовий О. О. // *Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням. Матеріали круглого столу.* – Харків: НУЦЗ України, 28 жовтня 2022. – С. 130-132.

4. Кириленко В. А., Нероба В. Р. // *Глобальна проблема розмінування: стан та підходи до розв'язання* Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського № 2(66). – 2019. – С. 115-119.

5. Palantir AIP. URL: <https://www.palantir.com/platforms/aip/>.



## АНАЛІЗ РІЗНОВИДІВ ФІЛАМЕНТУ ДЛЯ 3D ДРУКУ

Долгошея І.Д.

Науковий керівник- старший викладач Гурін Дмитро Валерійович  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАМ,  
м. Харків, Україна  
тел.+380957699964, e-mail: [ivan.dolhosheia@nure.ua](mailto:ivan.dolhosheia@nure.ua)

In theses, varieties of filaments for 3d printing are considered. In order to identify the advantages and disadvantages, the justification of the need to create an automated thermosaver for saving filament for 3D printing is carried out.

Різновидів пластиків достатньо багато. Кожен із них має ту чи іншу характеристику, у якій ми фіксуємо як переваги, так і певні мінуси. Серед "улюбленців" - PLA. Він сумісний із принтерами FDM. PLA - це скорочення від полімолочної кислоти, термопластичного полімеру, отриманого з відновлюваних ресурсів, зокрема кукурудзяного крохмалю або цукрової тростини. Його можна переробляти на промислових підприємствах, але він не є біорозкладним. Цей пластик має низьку температуру друку і не вимагає підігріву, відсутній неприємний запах під час друку (на відмінну ABS). Це потрібний матеріал для одноразового контакту з харчовими продуктами. Однак PLA менш довговічна, ніж ABS або PETG, і сприйнятливий до нагрівання.

Одним із поширених видів пластику, що є матеріалом для 3D-друку, назвемо ABS. Має характеристику - міцний і легкий пластик. Завдяки своїй міцності та термостійкості він служитиме довго і не швидко зношуватиметься. Хоча в такого типу нитки є багато переваг, варто пам'ятати й про особливості її використання. Наприклад, слід враховувати, що під час друку виділяє неприємний і шкідливий запах. Але це питання можна вирішити, якщо провітрювати кімнату, в якій працюватимемо.

Серед різновидів пластику є PETG, що забезпечує безпечне зберігання продуктів харчування. Це прозора нитка, яка може створити міцний та гладкий об'єкт. Її використовують, починаючи від садової техніки та закінчуючи простою пляшкою води. Разом із цим варто знати недолік даного полімеру: такий матеріал гігроскопічний, тому щоб він не увібрав у себе вологу, його потрібно зберігати в сухому приміщенні.

Існує ще клас полімерів TPU, TPE, TPC. Вони являють собою суміш пластику і гуми. Ці пластмаси дуже м'які та гнучкі. Вони стають все більш поширеними в адитивному виробництві деталей, які можна згинати або розтягувати без будь-якої деформації. TPU, як правило, більш довговічні та можуть забезпечити високу стійкість до стирання, масел, хімікатів, а також високих і низьких температур, ніж нитка TPE. TPC, що має стійкість до високих температур і відмінну стійкість до ультрафіолетового

випромінювання. Цей вид пластику особливо цінується в медичних додатках, а також у портативних та пристроях. TPE також доступні у вигляді порошку та смоли.

Поліамід (PA), широко відомий як нейлон, є міцним і альтернативним матеріалом, що використовується для широких застосувань. Матеріал відрізняється своєю міцністю та стійкістю до високих температур та ударів. Це забезпечує хорошу міцність виробів та механічну міцність.

PA зазвичай армується вуглецевими, скляними та кевларовими волокнами. Він широко поширений у високотехнологічних інженерних застосуваннях, таких як шестерні, фітинги та інструменти. Хоча він не буде друкувати так само легко, як PLA або PETG, може знадобитися високотемпературне сопло, оскільки для обробки деяких сумішей знадобиться температура до 300 °C. Зазначимо, що хоча нейлон є міцним і довговічним матеріалом, але він може вбирати воду, якщо його залишити на відкритому повітрі. Ця волога погіршує якість матеріалу та призводить до погіршення якості та міцності друку.

Заслужує на увагу й пластик ASA- матеріал, який стійкий до сонячного світла, відомий високою ударною в'язкістю та хімічною стійкістю. зберігає свої властивості та зовнішній вигляд навіть за впливу сонячного світла, що робить його ідеальним для використання на відкритому повітрі. Цей той вид пластику, із яким можуть упоратися потужніші настільні машини та, звичайно, промислові FDM.

Відомі й інші види пластиків: PVA( водорозчинний), ESD- безпечний провідник електроструму, зустрічається в інструментах, корпусах, кришках та продуктах, які оснащені діодами; дерев'яний композит(містить у собі деревне волокно, привабливий, але не гнучкий і не досить міцний); металевий композит (існує два типи цієї нитки; один для декоративних деталей, а інший для тих, які насправді складаються з цільного металу). Під час друку цим матеріалом слід очікувати підвищеного зносу сопел. Тому рекомендується замінити латунне сопло на нержавіючу сталь або інший загартований сплав, оскільки латунні сопла зношуються набагато швидше через стирання металевих частинок. Ключовою перевагою цієї нитки є простота друку на звичайному 3D-принтері.

Існує ще декілька різновидів пластику, які можна використовувати для 3D друку, а саме: PC (термостійкий), який відрізняється трьома основними характеристиками: оптичною прозорістю, термостійкістю та неймовірною міцністю. При 3D-друку цей пластик використовується в різних галузях промисловості для виготовлення прототипів автомобільних фар, абажурів та напівпрозорих корпусів для електричних компонент. Відзначимо й PEI- це високе співвідношення міцності до ваги. Цей високопродуктивний пластик характеризується визначними термічними, механічними та електричними властивостями. PEI пропонує виробникам високе співвідношення міцності та ваги, що робить його економічно

ефективною альтернативою металу, який досить міцний, щоб замінити сталь у деяких сферах застосування, і досить легкий, щоб використовуватися для заміни алюмінію, особливо в аерокосмічній галузі. Цей пластик добре зберігає механічні властивості при екстремально високих температурах, має хороші електричні властивості, вогнестійкий.

В основному позитивні характеристики мають і деякі інші види пластику. Наприклад, РЕКК( полімер сімейства поліарилофіркетонів (PEAK); на ньому набагато легше друкувати, ніж на РЕЕК; може оброблятися при нижчих температурах 3D-друку, ніж нитки на основі РЕЕК)..PVDF є стійким до екстремальних умов, полімер, який знаходить застосування в адитивному виробництві завдяки унікальному набору властивостей. Він широко використовується у високотехнологічних пристроях, таких як хімічне технологічне обладнання, напівпровідники, літій-іонні батареї та інші електричні та енергетичні пристрої. При 3D-друці демонструє дуже низьку деформацію та витримує найекстремальніші умови, навіть ядерне випромінювання. Серед пластиків назовемо ще PPSU(родина сульфонових полімерів), що поєднує в собі чудову термічну стабільність, високу міцність та ударну в'язкість, відмінну гідролітичну стабільність, прозорість та хорошу стійкість до розтріскування під впливом навколишнього середовища. Заслужують на увагу й біосумісні нитки. Вважають, що багато полімерів, таких як PLA, РЕЕК і нейлон, біосумісні за своєю природою. Але це не означає, що всі нитки для 3D-друку підійдуть. У полімерні нитки часто входять добавки або барвники, що роблять їх простіше в використанні.

Отже, на сьогодні в нас великий вибір пластику, кожен із яких має доволі якісні характеристики для його використання для 3D- друку як у виробництві, так і в побуті. Проблема його якісного зберігання не лише актуальна, але має практичне значення, бо дає можливість не тільки широкого використання сучасних видів пластику, його найкращих технічних характеристик, й змогу експериментувати. Провівши аналіз виявлена необхідність розробки термошафи так як це впливає на довговічність філаменту та якість друку.

Список використаних джерел:

1. Різновиди пластиків для 3D-друку: вебсайт. URL: <https://artline.ua/uk/blogs/obzor-vsekh-vidov-filamenta-dlya-3d-pechati> (Дата звернення: 05.03.2024)
2. Огляд усіх видів філаменту для 3D друку: вебсайт. URL: <https://3d4u.com.ua/uk/blog/post/75-raznovidnosti-plastikov-dlya-3d-pechati> (Дата звернення: 05.03.2024)
3. Razumov-Fryziuk, I. A., Gurin, D. V., Nikitin, D. O., Strilets, R. Y., & Blyzniuk, D. S. (2022). Моделювання шнекового екструдера для FFF 3D друку. Radiotekhnika, (209), 206-214.

## ЕВОЛЮЦІЯ ПОВІТРЯНИХ РОБОТІВ ВІД ВОЄННОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДО ПОВСЯКДЕННОГО ЖИТТЯ

Зарубін І.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Сотник С.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР

e-mail: [ihor.zarubin@nure.ua](mailto:ihor.zarubin@nure.ua)

The modern stage of development of science and technology is marked by rapid expansion of aerial robots applications. The growing relevance of robotics in modern life testifies to their key role in various fields. The analysis reveals evolution of these robots, starting with their military application and ending with their integration into everyday aspects of our lives.

Сучасний етап розвитку науки та техніки відзначається стрімким розширенням застосувань повітряних роботів[1]. Зростаюча актуальність автоматизації та робототехніки у сучасному житті свідчить про їхню ключову роль у різних сферах[2, 3]. Під час проведеного аналізу розкривається еволюція цих роботів, починаючи з їхнього військового застосування та закінчуючи інтеграцією в повсякденні аспекти нашого життя.

Якщо розглядати військове застосування повітряних роботів, то воно займає важливе місце в військовій сфері та безпеці. Вони використовуються для розвідки, слідкування, а також в атаках на визначені цілі. Повітряні роботи дозволяють арміям збільшити свої можливості в реальному часі, зменшуючи ризики для військового персоналу. Такі роботи можуть мати різні конфігурації, включаючи безпілотні літальні апарати (БПЛА) (рис. 1), які володіють різними технологічними можливостями, такими як висока точність ударів, невидимість та довготривала висота польоту[4, 5]. Використання повітряних роботів у військових операціях допомагає забезпечити стратегічну перевагу та ефективність в різних військових сценаріях.

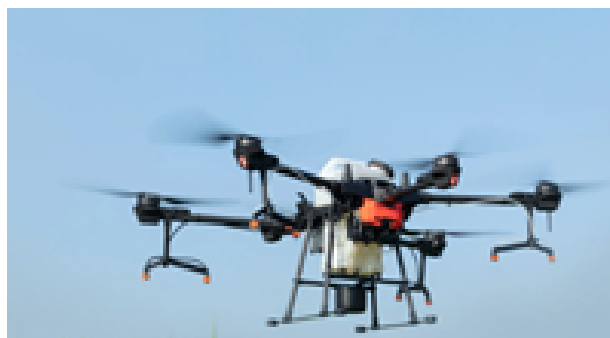


Рис. 1. Безпілотний літальний апарат

Дуже поширені повітряні роботи у доставці. Вони використовуються для швидкої та ефективної доставки товарів у важкодоступних або віддалених районах. Це особливо важливо для надання допомоги в умовах надзвичайних ситуацій, таких як природні катастрофи або гуманітарні кризи. Серед переваг відмічають швидкість і час збереження бо повітряні роботи дозволяють скоротити час доставки і зберегти товари, особливо ті, що потребують швидкого та безперервного постачання, такі як медичні препарати. Така практика вже використовується у AmazonPrimeAir – проект компанії Amazon, який передбачає використання безпілотних літальних апаратів для доставки товарів протягом короткого часу після замовлення. Ці застосування повітряних роботів у сферах доставки, сільського господарства та досліджень демонструють їхню велику потенційну користь для різних галузей, забезпечуючи ефективне використання технологій для розв'язання реальних завдань і вирішення проблем в сучасному світі.

Інша галузь яка активно використовує таких роботів є галузь сільського господарства[6], їх використання переслідує мету моніторингу карти полів, та виявлення хвороб та нерівномірностей врожаю, тобто, автоматизовані системи можуть виявляти хвороби, шкідників та нерівномірності врожаю, дозволяючи реагувати на проблеми та максимізувати врожайність. Повітряні роботи використовуються для створення детальних карт полів, що дозволяє фермерам ефективно використовувати земельні ресурси та оптимізувати процеси виробництва. Це допомагає з оптимізацією ресурсів, а саме зменшення використання рідких добрив та інших ресурсів завдяки точному моніторингу та втручанню лише там, де це потрібно. Серед прикладів такого використання можна відмітити JohnDeereSee&Spray – система, яка використовує штучний інтелект та датчики для точного оприскування хімікатів лише на тих частинах поля, де є потреба. Ці нові аспекти використання повітряних роботів та штучного інтелекту у сільському господарстві підкреслюють їхню ключову роль у трансформації та вдосконаленні сучасних методів сільськогосподарського виробництва.

Дослідження, ще одна не менш важлива галузь використання повітряних роботів. Сфера їх застосування починається від екологічного дослідження тобто повітряні роботи використовуються для збору даних у важкодоступних або небезпечних екосистемах, сприяючи ефективним екологічним дослідженням та збереженню природи простягається до моніторингу природних резервуарів що дозволяє стежити за змінами в природних резерватах, вивчати міграції тварин та визначати рівень забруднення. Серед переваг – безпека та ефективність бо роботи дозволяють дослідникам безпечно збирати дані в областях, де традиційні методи можуть бути обмежені чи ризиковані. Приклад використання ConservationDrones – це організація, яка використовує повітряних роботів для моніторингу та збереження природи в різних частинах світу.

Дослідження, проведені за допомогою цих роботів, охоплюють важкодоступні та екологічно чутливі області, де такі роботи допомагають збирати дані для розуміння та захисту біорізноманіття. Ці приклади ілюструють, як повітряні роботи разом із системами штучного інтелекту відіграють ключову роль у забезпеченні надійного та ефективного проведення досліджень у важкодоступних або екологічно чутливих областях. Розвиток цих технологій відкриває нові можливості для вивчення та збереження природи.

Таким чином, проведений оглядеволюції повітряних роботів від воєнного застосування до повсякденного життя з наведеними прикладами таких роботів, тож, стає очевидним, що поєднання штучного інтелекту та повітряної робототехніки продовжує активно розвиватись, відкриваючи перед людьми нові перспективи в небезпечних сферах, де ефективна чи безпечна праця людини може бути обмеженою.

Гнучкість у програмуванні та змінність у принципі дії повітряних роботів дозволяють їх легко адаптувати під різноманітні завдання, розширюючи сферу їх застосування в сучасному житті та прогнозованому майбутньому. Повітряні роботи та штучний інтелект виявляються надзвичайно корисними у різних галузях, де вони можуть допомагати людям зберегти життя та здоров'я, підвищити продуктивність та точність виробництва, а також вирішувати складні завдання в різноманітних областях. Повітряні роботи забезпечують нові можливості у сферах медицини, екології, сільського господарства та інших, де їхні функціональні можливості роблять їх ефективними та надійними. Цей огляд проведено з метою подальшого проектування нової конструкції повітряного робота.

#### Список використаних джерел:

1. Sotnik S. V., Usenko Y. S., Shakhov P. V.. Safe cobots in development of industrial robotics. BarcaAcademyPublishing. 2023. P.80-84.
2. Sotnik S. V., Vasylychenko Y. R. . Analysis of design process of automated fire protection system. Автоматизація, електроніка та робототехніка (AERT-2023). 2023.P. 59-62.
3. Nevludov I. S., Sotnik S. V. Cloud giants: AWS, Azure and GCP. ХНУРЕ,2023. P.18-23.
4. Lyashenko V., Ahmad MA., Belova N., Sotnik. Modern Walking Robots: A Brief Overview. International Journal of Recent Technology and Applied Science.3(2).2021. P. 32-39.
5. Sotnik S., Lyashenko V. (2022). Agricultural robotic platforms. International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS).6(4), 2022. P.14-21.
6. Sotnik S., Lyashenko V. Modern Industrial Robotics Industry. International Journal of Academic Engineering Research. 6(1). 2022. P.37-46.

## **АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОНІТОРИНГ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ ПІД ЧАС РОБОТИ З НАВАНТАЖУВАЧАМИ НА ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Зінченко Д. О.

Науковий керівник – к. т. н., доц. Жарікова І. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР,  
м. Харків, Україна

тел. +38(066) 708-54-91, e-mail: [dmytro.zinchenko@nure.ua](mailto:dmytro.zinchenko@nure.ua)

This work is devoted to safety issues when working with a forklift. This transport has become widely used in loading and unloading processes, but this type of activity is dangerous for the life of the operator and others. The monitoring system is considered as a tool that can solve the problem. A brief description of the features of the solution implementation is provided. OpenCV is considered as a technology to implement such a monitoring system.

Одними із найпоширеніших та необхідних технічних засобів автоматизації на сучасних виробництвах є навантажувачі. Вони здійснюють навантажувально-розвантажувальні роботи, переміщення вантажу між ділянками, на складі (рис. 1). Для успішного виконання різних завдань керування навантажувачем має здійснювати досвідчений оператор.



Рисунок 1 – Вилочний навантажувач [1]

Незважаючи на те, що подібні технічні засоби покликані оптимізувати виконання технологічних завдань, але описаний вид діяльності є небезпечним. У Сполучених Штатах щороку з вилочними навантажувачами трапляється близько 90 тисяч аварій. Кожного тижня, за статистикою, трапляються смертельні випадки. За даними з OSHA, щорічно відбувається понад 60 тисяч аварій з навантажувачами [2].

Однією з критично важливих умов під час роботи з навантажувачем є його видимість з місця керування. Від достатньої уважності оператора

залежить його безпека та безпека оточуючих. Зазвичай навантажувачі вже оснащені миготливими ліхтарями, що точно сповіщають про присутність робочої техніки. Це дозволяє іншим робітникам вчасно реагувати на небезпеку, але часто, через неуважність, трапляються жахливі ситуації. Оскільки оператор не завжди може помітити необхідних деталей, актуальним завданням є допомога у попередженні його про маршрути, що становлять загрозу [3].

Постійне сповіщення звуковим сигналом про наближення до об'єктів з часом може втратити значущість. Для підвищення показників ефективності можна використовувати таку систему моніторингу, яка могла б аналізувати ситуацію навколо та дійсно інформативно сповіщати оператора.

Використання технології OpenCV для реалізації системи моніторингу може суттєво покращити вирішення наявної проблеми. OpenCV – це бібліотека відкритого програмного забезпечення, що надає засоби для роботи з комп'ютерним зором. Її інструменти надають різноманітні функції для виявлення та відстеження об'єктів, рухів, обробки зображень, роботи з камерами, та це ще не весь перелік [4-5].

Такий підхід до вирішення проблеми дозволить покращити показники безпеки та ефективності роботи з навантажувачем. Можливість виявлення рухів та об'єктів навколо дозволить не тільки визначати потенційно небезпечні ситуації, але й попереджати про їх виникнення. Це дозволить суттєво знизити кількість аварій, що трапляються між навантажувачем та об'єктами навколишнього середовища.

#### Список використаних джерел:

1. Вилкові навантажувачі TEREN. <https://korsal.com.ua/vilkovi-navantazhuvachi-teren>.
2. Understanding Forklift Safety and Monitoring Systems. <https://www.lencrowforklifts.com.au/news/understanding-forklift-safety-and-monitoring-systems-effectively-in-your-business>.
3. Forklift Impact Monitoring: How Monitors Work & Are They the Best Choice for Fleet Protection? <https://syntechsales.com/blog/forklift-impact-monitoring-best-choice-protect-fleet>.
4. Kavitha D., Kiran B. R., Niteesh B., Praveen S. Multiple Object Recognition Using OpenCV // REVISTA GEINTEC-GESTAO INOVACAO E TECNOLOGIAS. 2021. No 11(2). P. 1736-1747.
5. Nevliudov I., Botsman I., Chala O., Khrustalev K. Automated System Development for the Printed Circuit Boards Optical Inspection Using Machine Learning Methods // Information systems and technologies (IST-2021) : proceedings of the 10-th International Scientific and Technical Conference , September 13-19. Odesa, 2021. P. 234-238.



**АВТОМАТИЗАЦІЯ ОПЕРАЦІЙ СВЕРДЛІННЯ У ЕПОХУ  
INDUSTRY 4.0**

Ключник Є.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Бронніков А.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР  
м. Харків, Українаe-mail: [yevheniia.kliuchnyk@nure.ua](mailto:yevheniia.kliuchnyk@nure.ua)

This work is devoted to modern approaches of Industry 4.0 for drilling operations and for finding the shortest route of moving a drill for numerically controlled machines by solving the traveling salesman problem. Clarke and Wright's method provided significant progress in the solutions of this task. The initial situation assumes that each location is provided separately, and there is always a return to the starting base. The main idea is based on the calculations of the savings achieved by integrating other places into the ring route.

Виробництво друкованих плат – це проектування, виготовлення та монтаж електронних схем на платі з ізоляційного матеріалу. Плати є ключовими компонентами електронних пристроїв, оскільки вони забезпечують механічну підтримку, електричні з'єднання та передачу сигналу між електронними компонентами.

Термін Industry 4.0 означає впровадження нових технологій у виробничий процес. Ця революція передбачає використання автоматизації, AI (штучний інтелект, ШІ) та IoT (інтернет речей, ІР) для підвищення продуктивності, ефективності та якості. Інтеграція цих технологій у виробництво призвела до значної трансформації галузі, включаючи виробництво друкованих плат. Автоматизація передбачає використання машин і роботів для виконання завдань, які раніше виконували люди. У виробництві друкованих плат автоматизовані машини використовуються для процесів свердління, фрезерування та покриття, що забезпечує високу точність і швидкість виробництва.

Навпаки, ШІ використовує алгоритми та комп'ютерні програми для виконання дій, які вимагають людського інтелекту. У виробництві друкованих плат ШІ використовується для контролю якості, розміщення компонентів і маршрутизації. Використання штучного інтелекту призвело до зменшення кількості помилок, підвищення точності та швидшого часу виробництва.

IoT передбачає взаємозв'язок пристроїв і датчиків для забезпечення моніторингу та аналізу виробничих процесів у реальному часі. У виробництві друкованих плат IoT використовується для контролю якості, прогнозного обслуговування та управління ланцюгом поставок. IoT

підвищив ефективність, скоротив час простою та покращив контроль якості.

Використання автоматизації у виробництві друкованих плат принесло значні переваги галузі. По-перше, це призвело до підвищення продуктивності та ефективності. Автоматизовані машини можуть виконувати завдання швидше й точніше, ніж люди, збільшуючи продуктивність і знижуючи витрати. Крім того, автоматизація зменшила ризик людської помилки, що призвело до покращеного контролю якості.

Кілька етапів виробництва друкованих плат можуть бути автоматизовані, включаючи свердління, маршрутизацію, покриття та перевірку. Автоматичні свердлильні верстати можуть свердлити тисячі отворів за хвилину, забезпечуючи точне та точне розташування отворів. Автоматичні фрезерні машини можуть швидко й точно маршрутизувати складні та заплутані візерунки. Автоматизовані машини можуть наносити високоточний матеріал покриття, забезпечуючи стабільну товщину та покриття. Автоматичні інспекційні машини використовують технологію комп'ютерного зору для виявлення дефектів друкованих плат, покращуючи контроль якості.

Використання автоматизації у виробництві друкованих плат значно підвищило продуктивність, ефективність і контроль якості. Одним із прикладів ШІ у виробництві друкованих плат є використання алгоритмів машинного навчання для оптимізації процесу свердління. Алгоритми машинного навчання можуть визначати оптимальні налаштування для свердління різних типів друкованих плат, аналізуючи дані про швидкість, глибину та температуру свердління. Це призводить до підвищення ефективності та зменшення відходів.

Використання ШІ у виробництві друкованих плат значно підвищило ефективність, точність і економічність. Алгоритми ШІ можуть аналізувати великі обсяги даних і надавати інформацію, яку людям важко ідентифікувати. Приклади застосування ШІ у виробництві друкованих плат включають оптимізацію процесу свердління та виявлення дефектів за допомогою технології комп'ютерного зору.

#### Список використаних джерел:

1. Ключник Є.С. Аналіз систем автоматизованого свердління у Industry 4.0 / Є.С. Ключник //Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 408с.

2. The Impact of Industry 4.0 on PCB Production: Automation, AI, and IoT[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.rocket-pcb.com/the-impact-of-industry-4-0-on-pcb-production-automation-ai-and-iot>

**РОЗРОБЛЕННЯ МОДУЛЯ ПОЗИЦІОНУВАННЯ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ДО ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ**

Коваленко І.С.

Науковий керівник – к.т.н., доцент Новоселов С.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР,  
м. Харків, Українаe-mail: [illia.kovalenko@nure.ua](mailto:illia.kovalenko@nure.ua)

This work is devoted to features of the development of industrial equipment positioning modules. Their classification and application features were considered. An analysis of mobile robotic systems was conducted. Methods of positioning mobile robotic systems were provided.

В наш час роботизовані системи все більше входять в наше повсякденне життя. Вони допомагають виконувати важку роботу на заводах по збиранню автомобілів, займаються сортуванням нашої пошти, навіть допомагають нам з прибиранням наших домівок. Таким чином рутинну роботу можна доручити роботам, а люди можуть займатися більш важливими справами. Для будь-яких мобільних роботизованих систем, орієнтування на місцевості, це невід’ємна частина їхнього існування, адже це їхні очі. Передбачення небезпечних ситуацій та прийняття рішень для уникнення зіткнення з перешкодами. Під час розробки роботизованих систем беруться до уваги умови в яких система буде використовуватись та приблизно визначається перелік можливих небезпечних ситуацій [1].

Для будь-яких мобільних роботизованих систем, орієнтування на місцевості, це невід’ємна частина їхнього існування, адже це їхні очі. Передбачення небезпечних ситуацій та прийняття рішень для уникнення зіткнення з перешкодами. Під час розробки роботизованих систем беруться до уваги умови в яких система буде використовуватись та приблизно визначається перелік можливих небезпечних ситуацій. В даній роботі будуть розкриті способи навігації для роботизованих систем, типи навігації, розглянуті популярні алгоритми планування шляху, висвітлені їхні недоліки та запропоновані шляхи для покращення.

Системи позиціонування застосовуються в різних сферах, включаючи навігацію, стеження, охорону здоров’я, туризм, виробництво та особисту безпеку. Схожі системи можна зустріти як в дронах, що можуть летіти за заданим маршрутом, так і в медичних приладах, що можуть виявити падіння людини та проінформувати родичів або медичний персонал. Відстеження положення є поєднанням апаратних засобів і програмного забезпечення, яке дозволяє визначити точного положення об’єкта в просторі.

Акустичні прилади стеження використовують ультразвукові (високочастотні) звукові хвилі для вимірювання положення та орієнтації цільового об'єкта. Для визначення положення об'єкта вимірюється час прольоту звукової хвилі від передавача до приймачів або різниця фаз синусоїдальної звукової хвилі при прийомо-передачі.

Оптичні методи являють собою сукупність алгоритмів комп'ютерного зору і пристроїв, що відстежують, в ролі яких виступають камери видимого або інфрачервоного діапазону, стерео-камери і камери глибини. Залежно від вибору системи відліку виділяють два підходи для відстеження положення

Магнітний трекінг заснований на вимірюванні інтенсивності магнітного поля у різних напрямках. Як правило, у таких системах є базова станція, яка генерує змінне або постійне магнітне поле. Оскільки сила магнітного поля зменшується зі збільшенням відстані між точкою вимірювання та базовою станцією, можна визначити місце розташування пристрою. Якщо точка вимірювання обертається, розподіл магнітного поля змінюється за різними осями, що дозволяє визначити орієнтацію.

Точність даного методу може бути достатня висока в контрольованих умовах, однак магнітне відстеження піддається перешкодам від струмопровідних матеріалів поблизу випромінювача або датчика, від магнітних полів, що створюються іншими матеріалами у просторі відстеження.

Методів заснованих на радіочастотах безліч. Багато в чому за принципами визначення становища вони схожі на акустичні методи відстеження (відмінність лише в природі хвилі). Найбільш перспективними на даний момент є методи Ultra-Wide Band (UWB), але навіть у кращих рішеннях на основі UWB точність досягає лише до декількох сантиметрів [2].

Як і всі обчислювальні пристрої, комп'ютерні системи керування складаються з апаратних та програмних компонентів. Основою сучасних апаратних компонентів обчислювальних пристроїв є мікропроцесорна технологія, яка реалізує складні алгоритми керування на досить простих пристроях. Програмний компонент вирішує дві основні задачі: програмування робота і виконання програми, яка керує виконавчим пристроєм [3].

Найбільш поширені системи навігації використовують дані з сенсорів, що встановлені на роботі, для визначення відносного положення пристрою в локальному просторі. Таким сенсорами можуть бути:

- оптичні одометри;
- оптичні датчики, що розташовані на вісі колеса робота та видають певну кількість імпульсів за одне обертання;
- цифрові камери, лазерні сканери;

– оптичні пристрої на основі ПЗЗ-матриці, що дозволяють отримати інформацію про певну ділянку простору (оптична одометрія).

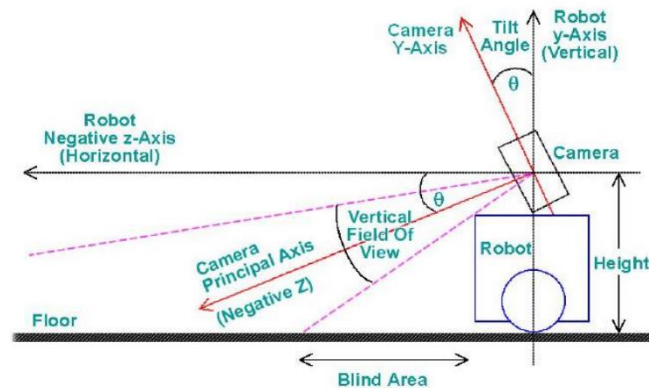


Рисунок 1 – Принцип встановлення камери на роботі для отримання візуальних даних про середовище попереду мобільного пристрою

У навігації, одометрія це процес використання даних про навколишнє середовище і датчиків руху для визначення змін позиції робота, для цього використовуються такі пристрої як датчики кута повороту для виміру оборотів коліс. Візуальна одометрія є процесом визначення подібної інформації для оцінки відстані переміщення на основі послідовних зображень отриманих з камери. Візуальна одометрія дозволяє підвищити точність навігаційних приладів в роботах або транспортних засобах, які використовують будь-який спосіб пересування відносно поверхні. Цей метод визначення положення в просторі оснований на послідовному обчисленні переміщення робота на основі зображень з камери. Обчислення проводяться між новими і попередніми кадрами і об'єднані ці переміщенні для отримання траєкторії руху об'єкту в реальному часі [4].

#### Список використаних джерел:

1. Александров Д. С. Методи та програмне забезпечення для навігації колісних мобільних роботів. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/4641cd72-35bb-4fe3-b106-c371676ca38e/content>.
2. Ковальчук М. В. Система моніторингу позиціонування об'єкта на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi. URL: <https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2731/1/Ковальчук%20.pdf>.
3. Осів В. С. Розробка системи керування роботизованим обладнанням з підвищеною надійністю. URL: [http://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/7602/1/MR\\_Osiv.pdf](http://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/7602/1/MR_Osiv.pdf).
4. Мамонько Д. В. Удосконалення методу прокладення шляху мобільної платформи в невизначеному просторі. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/34e97874-dbca-4546-95b9-1db4b0c37dde/content>.

УДК\_681.5:[681.51:681.533.34]

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОЗУВАННЯ РІДИН

Мігаль С.Д.

Науковий керівник – старший викладач Гурін Д.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР,

м. Харків, Україна

тел. +38(093) 672-92-27, e-mail: [serhii.mihal@nure.ua](mailto:serhii.mihal@nure.ua)

This paper is dedicated to the analysis of liquid dispensing methods. Each method was analysed separately. In various industries, there is a need to automate the production process. This is due to the desire to improve product quality and speed up production. Sensors and microcontrollers are used to determine the amount of liquid in a container and its flow rate. Depending on the dosing method, appropriate sensors are used, the information from which is fed to a control device, such as a microcontroller. A microcontroller can provide automated control and dosing of liquid through pumps.

При роботі з рідинами у фармацевтичній, промисловій чи харчувальній галузях задля підвищення якості та швидкості виконання технологічного процесу доцільно використовувати дозатори рідин.

На сьогоднішній день на світовому ринку, і українському, в тому числі, представлено безліч різноманітних машин для розливу рідких продуктів. Універсальної технології не існує, оскільки одні й ті ж товари можна фасувати на різних видах обладнання.[1]

Вимірювання дозаторами може здійснюватися за об'ємом, рівнем, вагою, часом, а також гравітаційним та ізобаричним методами.

При дозуванні за об'ємом дозатор відмірює за допомогою мірної ємності, насоса, що дозує, і витратного лічильника, шнекового або іншого мірного механізму дозу продукту певного об'єму і фасує її в тару. Головна перевага даного методу дозування – простота в роботі, досить легкий спосіб переналагодження, точність дозування і надійність самої конструкції.

Дозування за рівнем полягає в тому, що тара будь-якої ємності заповнюється дозатором до заданого рівня, що контролюється відповідним пристроєм (датчиком). При цьому точність дозування визначається ідентичністю обсягів стандартної тари, що наповнюється, і досконалістю датчиків, що контролюють заданий рівень наповнення. Такий дозатор рідини відмінно справляється із заповненням невеликих обсягів тари.

Вагове дозування полягає у відмірюванні дозатором заданої дози продукту за вагою за допомогою важільних, пружинних, електротензометричних, індукційних, гідравлічних або інших вагових механізмів та фасування її в тару. До недоліків варто віднести більш високу вартість у порівнянні з найдешевшими видами технологій, а також

необхідність дбайливої експлуатації вагових платформ, які забезпечують їх стабільну і точну працездатність.

*Дозування за часом* полягає у відмірюванні необхідної кількості продукту за тривалістю його безперервної подачі із заданою продуктивністю у великогабаритну тару або безпосередньо транспортний засіб. При цьому рівномірний безперервний потік продукції, що завантажується в таких дозаторах, створюють відповідні вагові або об'ємні живильники (стрічкові, барабанні, насосні, тарілчасті, шнекові, вібраційні, аераційні та інші). Головна перевага – ефективність роботи і прийнятна вартість пристрою. З недоліків виділяється неможливість регулювання параметрів, оскільки система недостатньо гнучка.

*Изобаричний метод* характеризується наявністю однакового надлишкового тиску в герметично закритій системі витратна ємність - дозатор - тара, що наповнюється, з перетіканням в ній рідини під впливом тільки сили тяжіння (тобто самопливом). Цим способом дозують і фасують рідини, що піняться, а також рідини насичені газами або повітрям (упаковки аерозольні, з шампанським і ігристими винами і т. п.). [2]

Серед перелічених методів одним з найбільш оптимальних є метод дозування за рівнем. Це відносно дешевий спосіб дозування, який відрізняється високою точністю роботи і простою конструкцією системи. При реалізації цього методу використовується датчик рівня рідини (глибиномір). В залежності від типу проєкта при виборі датчика слід враховувати об'єм ємності, тип рідини, її температуру та допустиму похибку вимірювань. Для неагресивних систем, в яких, наприклад, відбувається дозування води можна використовувати датчик рівня рідини T1592 (Рис. 1).

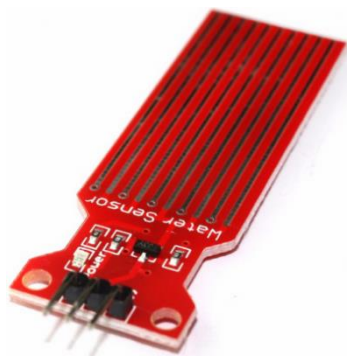


Рисунок 1 – Датчик рівня рідини (глибиномір) T1592

Цей датчик можна використовувати для автоматичного керування насосами, системами зрошення або створення систем автоматичного поливу.

Для керування параметрами що надходять з датчиків, слід використовувати мікроконтролер, який може забезпечити автоматизоване керування та дозування рідини. В залежності від особливостей

технологічного процесу необхідно застосовувати відповідний мікроконтролер. Проте для доволі простих задач можна використати мікроконтролер на базі Arduino Uno (Рис. 2).



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд Arduino UNO

Вибір даного пристрою обумовлений сумісністю з безкоштовним середовищем розробки та використанням спрощеної версії C++.[4]

Провівши аналіз кожного з методів, можна зазначити, що метод дозування за рівнем є найбільш оптимальним, тому що автоматизовані системи дозування рідин побудовані на основі цього методу відмінно справляються із заповненням невеликих об'ємів, є відносно дешевими, мають необхідну точність роботи і просту конструкцію системи.

Список використаних джерел:

1. Що таке дозатор: принцип роботи обладнання. URL: <https://flexmash.com/shho-take-dozator/> (дата звернення: 04.03.2024);
2. Характеристика методів дозування та способів фасування рідкої продукції. Види дозаторів для рідкої продукції та принцип дії одного з них. URL: <https://studfile.net/preview/8807010/page:3/>.
3. Датчик рівня води, глибинний T1592 модуль Arduino. URL: <https://electronica.in.ua/ua/p1840339280-datchik-urovnya-vody.html>.
4. Arduino Uno Rev3. URL: <https://arduino.ua/ua/prod32-arduino-uno-rev3-a000066>.
5. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2023). Comparative Analysis of the Basic Methods Used in Industry 4.0 and Industry 5.0. Collection of Scientific Papers «ЛОГОΣ», (Bologna, Italy), 113–115. <https://doi.org/10.36074/logos-29.09.2023.31>
6. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. :, 2022. – 427 с.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ СТРУКТУРИ ЕЛЕМЕНТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ НА ОПТИЧНИХ ВОЛОКОН

Назаренко С.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Сичова О.В.

Харківській національний університет радіоелектроніки каф. КІТАР  
м. Харків, Україна

e-mail: [serhii.nazarenko1@nure.ua](mailto:serhii.nazarenko1@nure.ua)

In this work, the analysis of different types of optical fibers is carried out. Deformations that may occur due to mechanical influences during the production and operation of functional electronics elements on optical fibers are considered. In order to preserve the dispersion properties of the optical fiber and reduce the loss of the transmitted signal, it is proposed to develop a new method of automated processing and analysis of the structure of the optical fiber based on the measured image of its cross section.

Оптичні волокна (ОВ) різних типів широко застосовуються в багатьох галузях – в інфокомунікаційних системах, медицині, автомобільній промисловості, робототехніці тощо. На сьогодні існує велика кількість типів ОВ, які мають різну структуру і властивості (рис. 1).

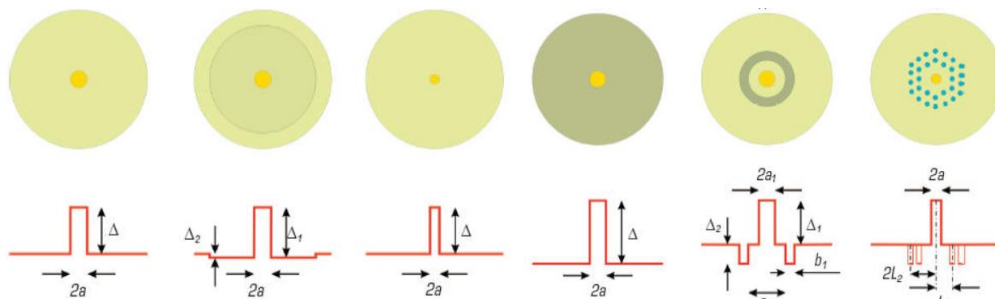


Рисунок 1 – Види поперечного перетину ОВ і їх профілі показників заломлення

В процесі виробництва оптичних волокон слід контролювати основні параметри, які можуть вплинути на експлуатаційні характеристики виробів, зокрема на якість передачі сигналу. Крім того, в процесі експлуатації також можуть виникнути несприятливі умови, що призведуть до деформацій ОВ. Можна виділити наступні механічні впливи:

- поздовжні впливи, такі як розтягування чи ривок, що призводять до деформації МОВ у вигляді видовження або навіть розриву;
- поперечні впливи, які можуть викликати зміння діаметру МОВ під дією зовнішнього тиску або удару;
- осьові впливи, такі як скручування МОВ навколо своєї осі, або вигини (циклічні, знакозмінні).

Внаслідок зовнішніх механічних впливів поперечна структура ОВ може порушитись, що призведе до виникнення незворотних деформацій. Наприклад, може виникнути сплюскування, або зміщення центру оптичного волокна (рис. 2).

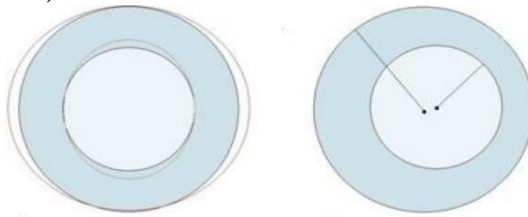


Рисунок 2 – Деформація ОВ внаслідок зовнішніх механічних впливів

Очевидно, що такі деформації призведуть до змінення форми модового поля і вплинуть на інтенсивність оптичного випромінювання, що, в свою чергу, відобразиться на таких важливих параметрах, як затухання і дисперсія сигналу.

З огляду на це актуальною і важливою задачею є розробка методу для вчасного і швидкого виявлення дефектів і пошкоджень структури оптичних волокон на ранніх етапах виробництва або в процесі експлуатації. Подальші дослідження направлені на розроблення програмного забезпечення для автоматизованої обробки і аналізу структури ОВ за вимірним зображенням його поперечного перетину.

#### Список використаних джерел:

1. A. I. Filipenko and O. V. Sychova, "Research of misalignments and cross-sectional structure influence on optical loss in photonic crystal fibers connections," (2013) International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers, Sudak, Ukraine, 2013, pp. 85-87. doi: 10.1109/CAOL.2013.6657536.
2. Filipenko O., Sychova O., Ponomaryova A., (2015) "Optical losses at angle relative rotation in photonic crystal fiber connections," 2015 Second International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine, 2015, pp. 104-107. doi: 10.1109/INFOCOMMST.2015.7357283.
3. Filipenko, O., Sychova, O., Novoselov, S., "Modeling, decision support, and software for automated positioning of photonic crystal fiber, " (2024) In Sixteenth International Conference on Correlation Optics. SPIE. 2024, Vol. 12938, pp. 21-24. doi 10.1117/12.3008982.
4. Xu, J., Tang, K., Zhang, D., & Yan, Q. (2018). Machine Learning-Based Defect Detection for Microelectronics Components. IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, 8(2), 223-230.
5. Zhang, Y., Zhang, D., & Chen, B. (2021). Advances in Automated Visual Inspection of Microelectronic Devices: A Review. IEEE Access, 9, 80804-0818.

УДК 004.9:159.938.3

## СИСТЕМА АНАЛІЗУ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЛЮДИНИ НА БАЗІ ARDUINO

Носик Д.О.

Науковий керівник – доц. Рожнова Т.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. АПОТ  
м. Харків, Україна

e-mail: [danylo.nosyk@nure.ua](mailto:danylo.nosyk@nure.ua).

This work is devoted to monitoring heart rate variability to regulate human attention parameters. The implementation of the system is based on Arduino nano.

Вступ. У сучасному промисловому виробництві забезпечення безпеки праці та здоров'я працівників є однією з найважливіших пріоритетних завдань. З метою попередження та мінімізації ризиків, пов'язаних з можливими нещасними випадками на робочому місці, виникає потреба в ефективних засобах аналізу концентрації працівників у небезпечних умовах.

Для вимірювання концентрації людини в конкретний проміжок часу існують різні методи, але для постійного моніторингу найкраще за все використовувати значення змінюваності серцевого ритму. Серцевий ритм - це неперервний процес, що відображає активність серця та його адаптацію до зовнішніх та внутрішніх впливів.

Зміна серцевого ритму може відображати психофізіологічний стан людини і мати важливе значення для її концентрації. Низька змінюваність серцевого ритму часто асоціюється зі стресом, тривогою та втомою, що може призводити до розпливчастості уваги та зниження продуктивності. Навпаки, оптимальна змінюваність серцевого ритму вказує на стабільний, релаксований стан, який сприяє кращій зосередженості та виконанню завдань. Іншими словами, коли серцевий ритм збалансований, мозок працює більш ефективно, а людина здатна тримати увагу на завданні протягом тривалого періоду часу без відволікань. Таким чином, моніторинг змін серцевого ритму може слугувати індикатором рівня концентрації людини та важливим інструментом для оптимізації її робочої та особистої продуктивності. [1]

Зміст дослідження. Сучасні мікроконтролери та мобільні пристрої дають можливість ефективно взаємодіяти за допомогою Bluetooth, а саме BLE технології, ця технологія є дуже енергоефективною, що дозволяє автономним пристроям довго обходитись без підзарядки. Таким чином є можливість розробки пристроїв які можуть досить довго зчитувати інформацію з датчиків та безперервно передавати на мобільні пристрої, які в свою чергу мають достатні характеристики для зберігання та обробки

даних та подальшої відправки за необхідності. Зчитування серцевого ритму відбувається за допомогою IR датчику обробка даних відбувається на мікроконтролері Arduino на мові Arduino C. [2]

За допомогою IR датчику MAX3102 відбувається зчитування показників серцевого ритму для подальшої обробки за допомогою Arduino Nano. Після виконання розрахунків змінюваності серцевого ритму, якщо було виявлено критичні значення відбувається відправка даних за допомогою BLE модуля HM10 (рис. 1)

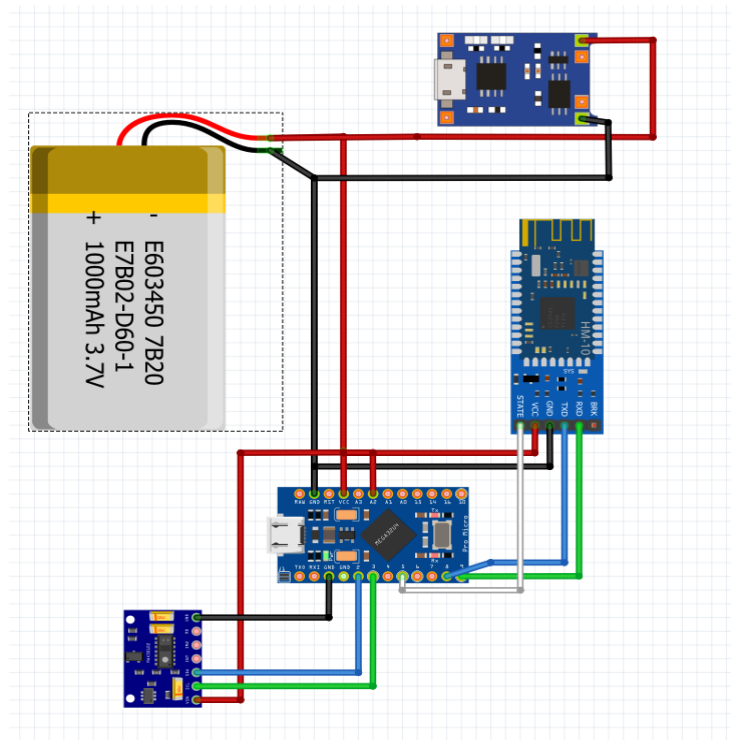


Рисунок 1 – Схема пристрою

Висновки. Розроблена система дозволяє виконувати регулярний моніторинг стану людини та в разі виявлення критичних змін відправляти сигнали для припинення робочого процесу.

#### Список використаних джерел:

1. Riku Kikuta, Daniel Carruth, John Ball, Reuben Burch, Ichiro Kageyama. (2022). Risk assessment and observation of driver with pedestrian using instantaneous heart rate and HRV. <https://arxiv.org/abs/2402.07041>
2. Шпак З. Я. Програмування мовою C : навч. посібник / З. Я. Шпак. – Львів : Оріяна-Нова, 2006. – 432 с.
3. Немченко В. П. ІОТ. Базові технології від Інтернету людей до Інтернету речей : навч. посібник / В. П. Немченко, С. В. Чумаченко ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – 144 с.
4. Мартін Р. Чиста архітектура. 2-ге вид. Фабула, 2019. 368 с.

УДК 004.4:[004.738.5:004.722]

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАВЧАННЯ РОБОТІВ НА ОСНОВІ ДОСВІДУ

Пара І.І.

Науковий керівник – Старший викладач каф. КІТАР Гурін Д.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

м. Харків, Україна

тел. +38(095) 54-34-566, e-mail: [illia.para@nure.ua](mailto:illia.para@nure.ua).

This article provides a review of the literature on reinforcement learning from demonstrations (RLfD), a subfield of machine learning that allows robots to learn from demonstrations by humans or other robots. The goal is to develop a comprehensive understanding of RLfD methods and their applications in robotics.

Робототехніка – це динамічна галузь, яка постійно розвивається. Одним із ключових напрямків досліджень у цій сфері є розробка методів навчання роботів на основі досвіду. Цей підхід ґрунтується на ідеї, що роботи можуть вчитися на власних помилках та успіхах, а також на досвіді інших роботів.

Метою даної роботи є аналіз предметної області "Дослідження навчання роботів на основі досвіду". В рамках роботи буде проведено огляд існуючих методів навчання роботів на основі досвіду.

Підкріплення навчання (англ. Reinforcement Learning) - це метод машинного навчання, який використовується для навчання агентів (роботів) діяти в середовищі таким чином, щоб максимізувати очікуване значення винагороди.

Основні принципи:

– Агент: Це автономна сутність, яка може сприймати середовище та діяти в ньому.

– Середовище: Це все, що оточує агента, включаючи інші об'єкти, фізичні закони та правила.

– Дія: Це те, що агент може/повинен робити відносно стану середовища.

– Стан: Це опис середовища в певний момент часу.

– Винагорода: Це скалярне значення, що відображає бажаність стану/дії.

– Функція цінності: Це функція, яка оцінює очікуване значення винагороди за певний стан.

– Політика: Це функція, яка визначає, яку дію агент буде виконувати в певному стані.

Алгоритми:

– Метод Монте-Карло: Цей метод оцінює цінність стану, використовуючи середнє значення винагород, отриманих з епізодів, які починаються з цього стану.

– TD-навчання: Цей метод оцінює цінність стану, використовуючи різницю між поточною оцінкою та очікуваною винагородою за наступний стан.

– Q-навчання: Цей метод використовує таблицю Q-значень для зберігання очікуваної винагороди за виконання певної дії в певному стані.

Переваги:

– Підкріплення навчання може використовуватися для навчання агентів в складних середовищах, де складно або неможливо заздалегідь визначити оптимальну політику.

– Підкріплення навчання може використовуватися для навчання агентів адаптувати свою поведінку до мінливих умов середовища.

– Підкріплення навчання може використовуватися для навчання агентів виконувати складні завдання, які неможливо запрограмувати вручну.

Недоліки:

– Підкріплення навчання може потребувати багато даних для навчання.

– Підкріплення навчання може призвести до небажаної поведінки агента, якщо винагорода не правильно визначена.

Навчання з демонстрацією (англ. Learning from Demonstration) - це метод машинного навчання, який використовується для навчання агентів (роботів) на основі прикладів поведінки, продемонстрованої людиною або іншим роботом.

Основні принципи:

– Демонстрація: Це послідовність дій, які виконує людина або інший робот.

– Імітація: Це процес, за допомогою якого агент намагається відтворити дії, продемонстровані в демонстрації.

– Узагальнення: Це процес, за допомогою якого агент використовує знання, отримані з демонстрації, для виконання нових завдань.

Методи:

– Навчання за траєкторією: Цей метод вчить агента слідувати за траєкторією, продемонстрованою в демонстрації.

– Навчання за інваріантними характеристиками: Цей метод вчить агента використовувати інваріантні характеристики для узагальнення з демонстрації.

– Навчання за допомогою зворотного зв'язку: Цей метод використовує зворотний зв'язок від людини або іншого робота для покращення поведінки агента.

Переваги:

– Навчання з демонстрацією може використовуватися для навчання агентів завданням, які важко або неможливо запрограмувати вручну.

– Навчання з демонстрацією може використовуватися для навчання агентів виконувати завдання з високою точністю.

Недоліки:

– Навчання з демонстрацією може призвести до перенавчання, коли агент вчиться відтворювати поведінку демонстратора, а не узагальнювати її на нові завдання.

Імітаційне навчання (англ. Imitation Learning) - це метод машинного навчання, який використовується для навчання агентів (роботів) на основі симуляцій.

Основні принципи:

– Симулятор: Це комп'ютерна програма, яка моделює поведінку реального світу.

– Віртуальне середовище: Це середовище, створене симулятором.

– Агент: Це автономна сутність, яка може сприймати віртуальне середовище та діяти в ньому.

Методи:

– Навчання за траєкторією: Цей метод вчить агента слідувати за траєкторією, згенерованою в симуляторі.

– Навчання за допомогою зворотного зв'язку: Цей метод використовує зворотний зв'язок з симулятора для покращення поведінки агента.

– Навчання з підкріпленням: Цей метод використовує метод підкріплення навчання для навчання агента в симуляторі.

Переваги:

– Імітаційне навчання може використовуватися для навчання агентів в небезпечних або складних середовищах.

– Імітаційне навчання може використовуватися для навчання агентів завданням, які важко або неможливо демонструвати в реальному світі.

Недоліки:

– Імітаційне навчання може призвести до перенавчання, коли агент вчиться відтворювати поведінку в симуляторі, а не узагальнювати її на реальний світ.

Дані методи машинного навчання допоможуть з реалізацією проекту, в якому планується розробити повноцінне віртуальне середовище з можливостями навчання роботів, що, в свою чергу, допоможе розробити: «розумних» роботів, які краще виконують складні завдання, більш автономних роботів, які працюють без постійного втручання. В майбутньому це дослідження буде розвиватися та вдосконалюватися, а також планується розробити макет для роботи із цим віртуальним середовищем.

Список використаної літератури

1. Argall B. D., Chernova S., Veloso M. A survey on robot learning from demonstration. *Robotics and Autonomous Systems*, 2009. Ст.469-483. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889008001772>

2. Baxter J., Yew J. Learning In Simulated Environments: A survey. *IEEE Transactions on systems, man and cybernetics Part C (Applications and Reviews)*, 2010. Ст.303-313. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4454909/>

3. Yevsieiev, V., & Gurin, D. (2023). Comparative Analysis of the Basic Methods Used in Industry 4.0 and Industry 5.0. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (Bologna, Italy), 113–115. <https://doi.org/10.36074/logos-29.09.2023.31>

**АВТОМАТИЗАЦІЯ СИНХРОНІЗОВАНОГО РУХУ  
АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ ЗА ДОПОМОГОЮ  
МЕРЕЖ ПЕТРІ ТА АЛГОРИТМУ RRT\***

Проценко А.А.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Іванов В. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.СТ

м. Харків, Україна

e-mail: [valeriy.ivanov@nure.ua](mailto:valeriy.ivanov@nure.ua)

In the modern world, autonomous diagnostic systems are used to solve various tasks in complex conditions, including underground structures, where conventional navigation methods may be inadequate due to limited availability of environmental information. In this work, we will consider a pathfinding system based on the RRT\* algorithm and its integration with Petri nets for automating synchronized movement of autonomous diagnostic systems.

У світі постійного розвитку та технологічних відкриттів автономні системи стають все більш необхідними для вирішення різноманітних завдань, включаючи діагностику у складнодоступних або небезпечних середовищах. Для створення системи автоматизованого пошуку шляху для автономних систем діагностики запропоновано поєднання двох ключових технологій: алгоритму RRT\*[1] для пошуку шляху та мереж Петрі для моделювання та управління процесами.

Основним завданням дослідження є розробка системи, яка здатна автоматично створювати та підтримувати мапу шляхів для автономних систем у підземних умовах. Це дозволить збільшити ефективність та безпеку діагностики в труднодоступних середовищах та покращити загальну продуктивність автономних систем.

У порівнянні з попередньо запропонованим методом створення мапи шляхів [2], запропонований метод використовує алгоритм RRT\* (Rapidly-exploringRandomTrees\*) , основною перевагою якого є апроксимація оптимального шляху, оскільки він використовує оптимізаційні методи для покращення знайдених шляхів, урахуваючи мінімізацію загальних витрат. Його перевагою є розширення дерева шляхів з випадково обраних точок у просторі конфігурацій, прискорюючи процес пошуку шляху [3].

Процес побудови мапи шляхів починається з стохастичного пошуку точок на конфігураційному просторі (рис. 1), які знаходяться на певній відстані від точок початку та кінцю руху. Між отриманими точками за допомогою методу RRT\* проводиться пошук шляхів, які об'єднують отримані точки в один граф (рис. 2).



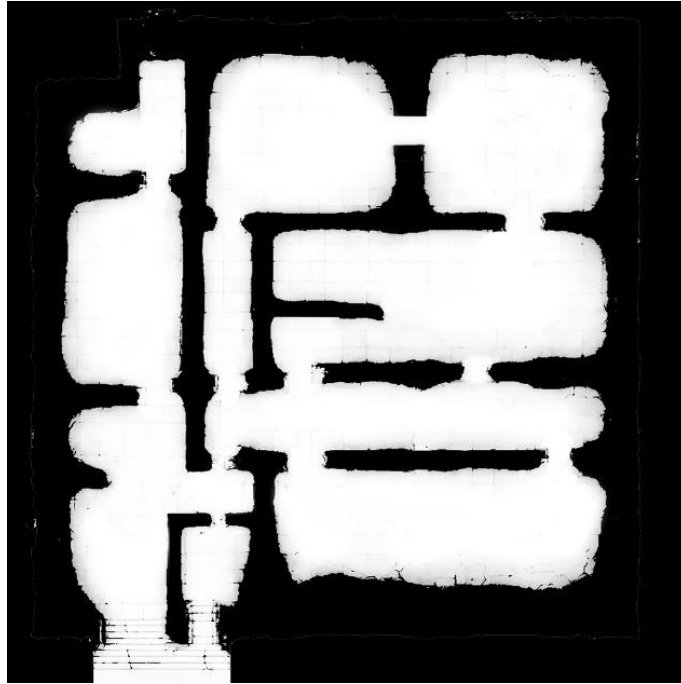


Рисунок 1– Конфігураційний простір

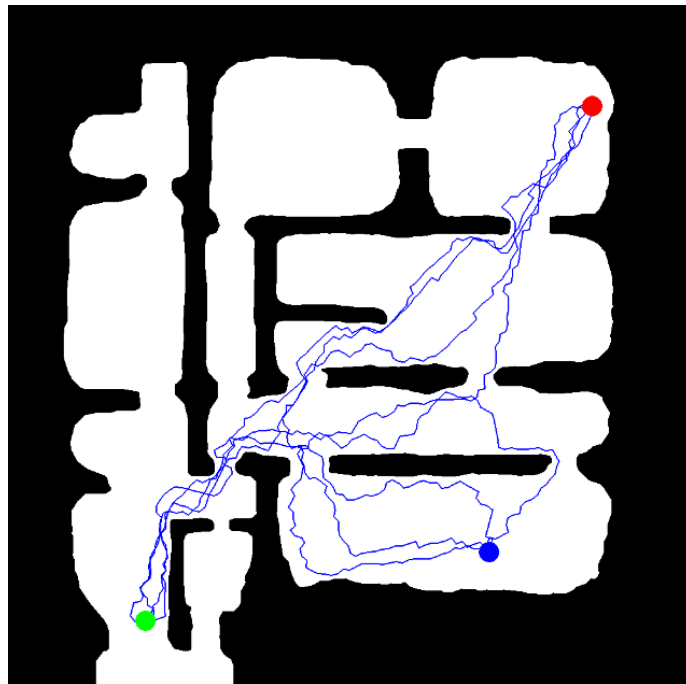


Рисунок 2 –Мапа шляхів

На основі отриманого графу можлива побудова мережі Петрі:

1. Першим кроком є перетворення графу з неорієнтованого в орієнтований. Цей процес оптимізує граф виключаючи дуги які непотрібні для подальшої роботи алгоритму.
2. Вершини графу інтерпретуються як позиції Мережі Петрі.
3. На основі дуг які створюються переходи.

4. В залежності від типу потрібної мережі Петрі, параметри та структура можуть змінюватись.

Результатом роботи алгоритму є Мережа Петрі (рис.3), сформована на основі мапи (рис. 2). Використання динамічних можливостей алгоритму RRT-Star дозволяє ефективно шукати оптимальні шляхи в реальному часі, враховуючи змінні умови середовища. Крім того, можливості моделювання шляхів за допомогою мереж Петрі дозволяють створювати комплексні та адаптивні стратегії управління рухом систем.

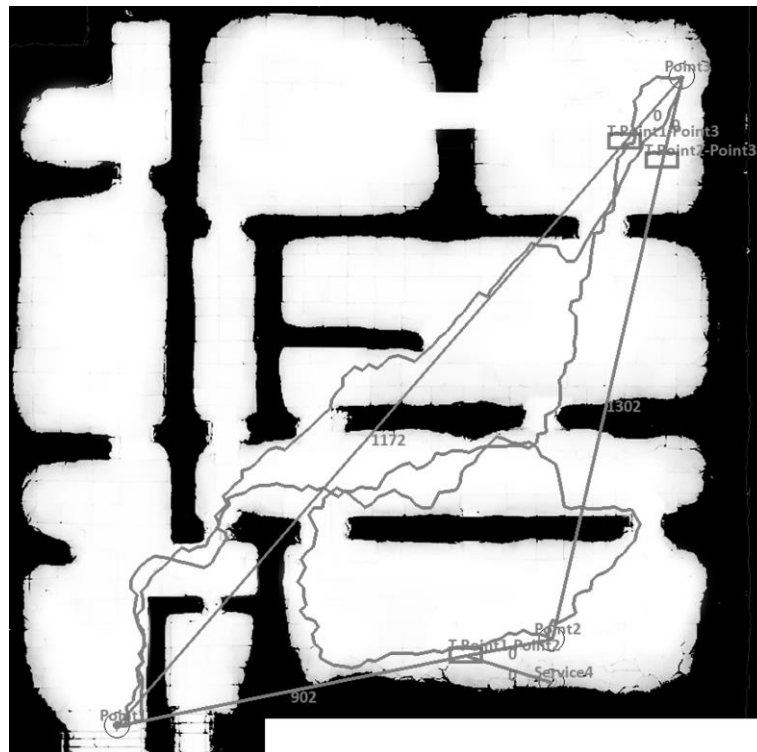


Рисунок 3 – Сформована Мережа Петрі

#### Список використаних джерел:

1. Karaman S., Walter M. R., Perez A., Frazzoli, E., Teller S. (2011). Anytime Motion Planning using the RRT\*. In 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation (pp. 1478-1483). Shanghai, China. DOI: 10.1109/ICRA.2011.5980479.

2. Проценко А., Іванов В. (2021). Побудова графу локації з допомогою стохастичного методу пошуку шляху. Матеріали конференцій МЦНД. Вилучено з <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/mcnd/article/view/16917>. DOI: 10.36074/mcnd-03.12.2021

3. Protsenko A., Ivanov V. (2020). Comparative analysis of RRT based methods for pathfinding in underground environment. Сучасні інформаційні системи = Advanced Information Systems, 4(3), 109-112. DOI: 10.20998/2522-9052.2020.3.15

**УНІВЕРСАЛЬНА НАВЧАЛЬНА ПЛАТФОРМА ДЛЯ  
НАЛАГОДЖЕННЯ ТА КЕРУВАННЯ БПЛА  
МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПУ**

Роменський О.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Хрустальова С.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР,  
м. Харків, Україна

e-mail: [oleksandr.romenskyi@nure.ua](mailto:oleksandr.romenskyi@nure.ua).

This work is devoted to development of the universal training complex with the particular recommendation for the primary training of the unmanned aviation specialists. This complex consists of two multi-rotary experimental training aircraft. The first one is an original, specialized modular constructor. It permits to collect 3-copter, 4-copter and 6-copter according to the “+” and “X” schemes from the set of 5 structurally different aircraft. The second one is a research platform with the advanced technical characteristics. It is aimed to develop the aerial photography skills, to perform automatic flights according to the planned program, conducting long-distant flights, the first-person view in FPV regime with video surveillance.

Перспективним напрямком розвитку сучасної авіації є розробка та експлуатація безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

На цей час відбувається зміна та удосконалення підходів що до розробки та застосування безпілотної авіаційної техніки у військовій та цивільній областях. Це сприяє появі великої кількості функціонально різних видів БПЛА.

Діапазон існуючих і розроблюваних апаратів дуже широкий: від мікро- та міні-БПЛА до важких багатотонних апаратів, а також БПЛА, здатних виконувати дальні, висотні та тривалі за часом польоти. Призначення сучасних БПЛА не обмежується лише військовою областю. Стрімко розширюється і сфера їхнього цивільного застосування [1] у таких галузях, як: нафтогазова промисловість, транспорт, будівництво, сільське господарство, зв'язок та ін., що надає додаткових імпульсів розвитку безпілотної авіаційної техніки.

Разом зі стрімко зростаючою кількістю БПЛА підвищується попит на кваліфікованих спеціалістів по їх обслуговуванню. Для цього потрібна технічна база. У даній роботі запропоновано проект універсальної навчальної платформи для налагодження та керування БПЛА мультироторного типу, призначеної бути практичним посібником в процесі вивчення мультироторних БПЛА.

Головною метою даної роботи є удосконалення процесу вивчення мультикоптерів, отримання навичок їх побудови, налагодження і

керування за рахунок розробки універсальної, надійної, а головне безпечної в експлуатації навчальної платформи.

Проаналізувавши класифікації БПЛА [2] та доступні технічні рішення на спеціалізованих інтернет-форумах та співтовариствах [3], де ведуться науковообґрунтовані обговорення проблем безпілотної авіації, було сформульовано основні технічні параметри розроблюваної платформи, обрано базову комплектацію проекту.

До складу проекту входять два мультироторні експериментально-тренувальні літальні апарати, які зібрано з універсальних складових вузлів розроблених мною особисто.

Структурну схему розроблених літальних апаратів представлено на рис.1.

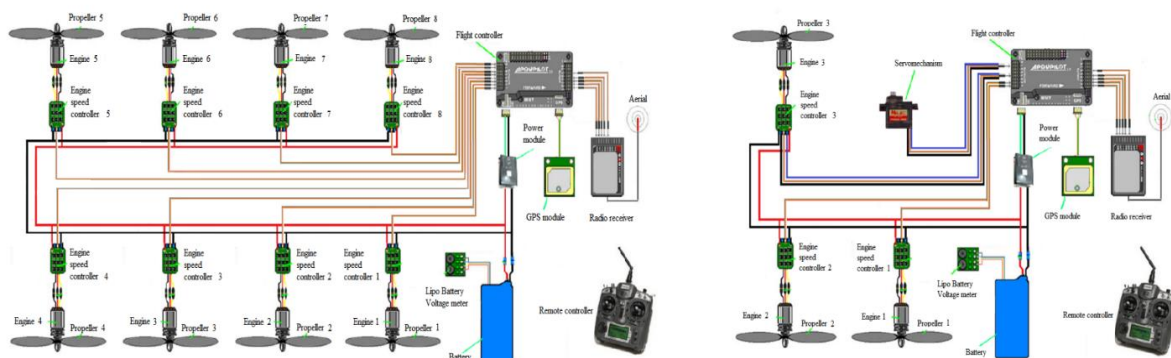


Рисунок 1 - Структурна схема мультироторних літальних апаратів в комплектації 8-коптера та 3-коптера

Першим з представлених мультироторних літальних апаратів є оригінальний, спеціалізований модульний конструктор для первинного ознайомлення з конструкціями мультикоптерів, за допомогою якого, з одного набору, можливо зібрати 5 різних літальних апаратів, а саме 3,4,6-коптери по схемам “+” та “X”, провести порівняльний аналіз їх польотних характеристик та відпрацювати навички керування мультикоптерами різних компоновочних схем.

Як наступний етап проекту, було створено своєрідну дослідницьку платформу з поліпшеними технічними характеристиками на базі 8-коптера яка орієнтована на користувачів з певним досвідом користування мультикоптерами. Вона буде використана для напрацювання навичок аеровідеоз’йомки, виконання автоматизованих польотів на велику відстань по заданній програмі та проведення дальніх польотів з керуванням від першого лиця за допомогою відеокамери (FPV) First Person View. Також розроблений мультикоптер можливо використовувати, як носій спеціалізованого обладнання, відеокамер, фотоапаратів, тепловизорів, дозиметрів.

Важливою особливістю проекту є модульність конструкції, можливість швидкої адаптації для вирішення конкретних потреб. Розроблена платформа - це спеціалізований конструктор для складання БПЛА з різними функціональними можливостями.

Для подальшого практичного втілення було створено діючий прототип навчальної платформи. На рис.2 представлено конструкцію розроблених мультироторних літальних апаратів.



Рисунок 2 – Конструкція універсальної навчальної платформи для налагодження та керування БПЛА мультироторного типу

Як наступний етап розробки проекту навчальна платформа буде доповнена системою автоматичного оминання перешкод, модулем розпізнавання об'єктів на базі Ultralytics Yolo [4] та системою автоматичної посадки у задану точку.

#### Список використаних джерел:

1. Шабалін А. О., Рубльов П. К. Аналіз сфер застосування та особливостей конструкцій мультикоптерів // Автоматизація та приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2021). Вип. №2 // збірник студентських наукових статей. Харків : ХНУРЕ, 2021. С.135.
2. Гуцул Т., Жежера І., Ткач В. Особливості класифікації та методів вибору БПЛА // Технічні науки та технології. 2022. №4(30). С. 201-212.
3. Discussions // DIY Drones: the leading community for personal UAVs. URL: <https://diydrones.com/forum/topics> (дата звернення: 14.05.2022).
4. Multi-Object Tracking by Ultralytics YOLO // Ultralytics YOLOv8 Docs. URL: <https://docs.ultralytics.com/modes/track/> (дата звернення: 14.01.2024).

## БУСТИНГ

Самченко С.О.

Науковий керівник – Путятіна О. Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІНФ,

м. Харків, Україна

e-mail: [stanislav.samchenko@nure.ua](mailto:stanislav.samchenko@nure.ua)

Boosting is a powerful machine learning technique that combines multiple weak models to create a strong ensemble model. It is based on the idea of iterative learning, during which each subsequent model focuses on the mistakes made by previous models. One of the most common boosting options is AdaBoost (Adaptive Boosting), developed by Freund and Schapire in 1996. This method has high accuracy on complex problems and is robust to overfitting, which allows its wide application in various fields such as classification and regression. AdaBoost uses error weighting to update the weights of the samples in the training set, which improves its efficiency. In addition to AdaBoost, there are other popular boosting algorithms, such as Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM and CatBoost, which are also successfully used in practice. It is important to properly configure boosting parameters to achieve optimal model performance.

Бустинг (boosting) – це метод ансамблевого машинного навчання, який використовує комбінацію кількох слабких моделей для створення сильної прогностичної моделі. Він належить до сімейства ансамблевих методів, які використовують безліч моделей для покращення передбачуваної сили та узагальнюючої здатності. Основною ідеєю бустингу є ітеративне навчання, де кожна нова модель прагне виправити помилки попередніх моделей.

Принцип роботи бустингу полягає у створенні послідовності моделей, кожна з яких навчається на даних, скоригованих з урахуванням помилок попередніх моделей. Таким чином, кожна наступна модель фокусується на тих областях, де попередні моделі припускалися великих помилок, що дозволяє поліпшити загальну продуктивність ансамблю.

Одним із найбільш популярних алгоритмів бустингу є AdaBoost (Adaptive Boosting), який був розроблений у 1996 році Фройндом та Шапіром. AdaBoost (Adaptive Boosting) – це алгоритм машинного навчання, який використовується для створення ансамблю (ensemble) моделей. На відміну від деяких інших методів, де кожна модель в ансамблі будується незалежно, AdaBoost прагне покращити загальну продуктивність шляхом послідовного додавання "слабких" учнів до ансамблю та фокусування на тих сферах, де попередні моделі робили більше помилок.

Процес роботи AdaBoost можна описати так:

1. Ініціалізація ваги для кожного зразка в навчальному наборі.

2. Навчання базової моделі (наприклад, дерева рішень) на навчальному наборі та обчислення її помилки.
3. Обчислення ваги моделі на основі її помилки.
4. Оновлення ваг зразків у навчальному наборі: збільшення ваг для неправильно класифікованих зразків та зменшення для правильно класифікованих.
5. Повторення процесу з новими вагами для наступної моделі в ансамблі.

Таким чином, AdaBoost створює послідовність базових моделей, кожна з яких фокусується на зразках, на яких попередні моделі припускалися великих помилок. Наприкінці навчання, передбачення кожної моделі поєднуються з вагами, щоб отримати підсумкове передбачення ансамблю.

AdaBoost має кілька переваг, включаючи високу точність на складних завданнях, стійкість до перенавчання та відносну простоту реалізації. Однак він також має свої обмеження, такі як чутливість до викидів даних. Тим не менш, завдяки своїй ефективності та універсальності, AdaBoost залишається популярним і широко використовується методом у галузі машинного навчання.

Крім AdaBoost, існують інші популярні алгоритми бустингу, такі як Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM і CatBoost. Кожен із цих алгоритмів має свої особливості та переваги, що робить їх придатними для різних типів завдань та даних.

Бустинг має кілька переваг, таких як висока точність на складних завданнях і стійкість до перенавчання. Він також широко застосовується у різних галузях, включаючи фінанси, медицину, маркетинг та інші.

Однак бустинг також має свої обмеження. Наприклад, він може бути чутливий до викидів даних і вимогливий до обчислювальних ресурсів. Крім того, для досягнення оптимальної продуктивності необхідно ретельно налаштовувати параметри моделі.

В цілому, бустинг є потужним інструментом машинного навчання, який продовжує привертати увагу та знаходити широке застосування у різних галузях. Його здатність до створення точних та стійких прогностичних моделей робить його одним із ключових інструментів в аналізі даних та прийнятті рішень.

#### Список використаних джерел:

1. A Short Introduction to Boosting URL: <https://cseweb.ucsd.edu/~yfreund/papers/IntroToBoosting.pdf>
2. LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree URL: <https://papers.nips.cc/paper/6907-lightgbm-a-highly-efficient-gradient-boosting-decision-tree.pdf>

**ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ЛОГІСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ СУЧАСНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Слюсар А. П., Хрустальова С. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР,  
м. Харків, Українаe-mail: [andrii.sliusar@nure.ua](mailto:andrii.sliusar@nure.ua) , [sofiia.khrustalova@nure.ua](mailto:sofiia.khrustalova@nure.ua)

The article demonstrates the relevance of modern technologies and examines innovative logistics as the most relevant component of enterprise logistics activities. The essence of the technologies is revealed, and the advantages and peculiarities of their implementation in real-time conditions are described. The most progressive innovative technologies in the logistics sphere are identified, which will enable all participants in the logistics chain to create a transparent and efficient system for recording transactions, asset tracking, and managing all associated documents. It is proven that the application of progressive innovations can ensure the growth of efficiency in flow processes, reduction of total costs for their implementation, and improvement in the quality of consumer service overall.

На сучасному етапі розвитку вітчизняних підприємств виявляється нагальна потреба у вдосконаленні їх діяльності, що передбачає скорочення часових інтервалів та оптимізацію витрат у сферах постачання, виробництва та збуту. У зв'язку зі зростанням конкурентної боротьби та вимогою своєчасно адаптуватися до складної економічної ситуації, цей процес можливий шляхом впровадження інновацій у логістичну діяльність. Впровадження інновацій у логістичну діяльність сприяє вирішенню проблем підприємств і підвищенню їх конкурентоспроможності. Цей процес має стати фундаментом для формування та реалізації ефективної логістичної стратегії. Зростаюча увага до нових технологій у логістиці зумовлена потребою реформування сучасних підприємств з метою підвищення їх конкурентоспроможності на внутрішніх та міжнародних ринках. Метою дослідження є аналіз особливостей та переваг використання нових логістичних технологій у діяльності сучасних підприємств з метою підвищення ефективності їхньої діяльності.

На сьогоднішній день складська та промислова логістика переживають радикальні зміни, спрямовані на оптимізацію ефективності та зниження витрат. Інноваційні напрямки розвитку у цих сферах стають ключовими факторами у впровадженні автоматизації та підвищенні продуктивності.

Серед них можна виділити основні: AGV (Automated Guided Vehicle), колаборативні роботи, комплексна автоматизація, цифрові двійники, Інтернет речей та RFID.

Використання автоматизованих пересувних роботів (AGV) у складській та промисловій логістиці виявляється ключовим елементом інноваційного розвитку цих галузей. AGV відіграють значну роль у підвищенні



продуктивності та ефективності складських процесів. Завдяки їхній автономності та здатності до роботи безперервно, AGV можуть працювати цілодобово, що сприяє оптимізації робочого часу та зниженню витрат. Використання AGV також дозволяє значно знизити витрати на працю, оскільки не потребує постійного нагляду або участі людини в процесах переміщення товарів. Це робить їх особливо привабливими для підприємств з великим обсягом складських операцій, які шукають способи зниження витрат та оптимізації процесів. Крім того, AGV забезпечують високу точність та надійність у виконанні своїх завдань, що сприяє підвищенню якості обслуговування клієнтів. Їхній високий рівень автоматизації дозволяє зменшити ризики помилок та забезпечує швидку та ефективну доставку товарів.

Незважаючи на очевидні переваги використання AGV, існують певні виклики та обмеження. Серед них – складність інтеграції з існуючими системами, високі витрати на впровадження та обслуговування, а також потенційні проблеми з безпекою та безпекою праці. Однак з урахуванням постійного розвитку технологій та постійної оптимізації процесів, використання AGV продовжує займати центральне місце в стратегіях розвитку логістичних систем підприємств.

Сьогодні невелика кількість AGV-роботів вже використовується на складах деяких українських дистриб'юторів. Наприклад, на складі національного лідера ринку автокомпонентів, компанії OMEGA, щоденно обробляється понад 16 000 товарних позицій. Дрібноштучні товари, що становлять 72% загальної маси, сортуються вручну та надсилаються клієнтам негайно. Для оптимізації процесу сортування та зменшення операційних витрат, компанії OMEGA та KAPELOU вперше в Україні впроваджують AGV сортування. Завдяки гнучкому рішення від KAPELOU, продуктивність сортування досягає до 8 000 вантажних одиниць за годину.

Використання колаборативних роботів у складській та промисловій логістиці є суттєвим інноваційним напрямком, спрямованим на оптимізацію та покращення різноманітних процесів. Ці роботи, які можуть співпрацювати з людьми безпосередньо на робочому місці, відкривають нові можливості для підвищення продуктивності та ефективності логістичних операцій. Колаборативні роботи демонструють значний потенціал у зниженні часу виконання завдань та підвищенні якості виконання робочих процесів. Їхні можливості включають в себе не лише рухомі функції, а й виконання складних завдань, таких як підйом та переміщення важких вантажів, аналіз даних та вирішення проблем.

Однією з ключових переваг колаборативних роботів є їхня здатність до співпраці з людьми на робочому місці, що дозволяє створювати гнучкі та адаптивні робочі команди. Наприклад, у кур'єрській службі DHL використовуються колаборативні роботи, які працюють у спільному середовищі з людьми. Автоматизовані маніпулятори допомагають

працівникам упакувати товари в коробки та збільшити продуктивність на 15-20%. Роботи сприймають найпростішу жестову мову та легко навчаються.

Незважаючи на потужний потенціал колаборативних роботів, існують певні виклики, пов'язані з їхнім впровадженням та експлуатацією. До них відносяться необхідність розробки відповідних стандартів безпеки та безпеки праці, а також вирішення питань щодо інтеграції з існуючими системами та процесами [1].

Автоматизація складських операцій є ключовим напрямком розвитку логістики, спрямованим на підвищення ефективності та оптимізацію процесів. Застосування різноманітних технологій, таких як стелажні, сортингові та конвеєрні системи, технології PickbyLight, машинний зір та інші, робить можливим автоматизацію різних етапів складських операцій і сприяє покращенню якості та продуктивності логістичних процесів.

Стелажні системи дозволяють ефективно використовувати простір складу та забезпечують зручний доступ до товарів. Сортингові системи автоматизують процес сортування товарів за різними критеріями, що дозволяє значно скоротити час виконання цього завдання. Конвеєрні системи забезпечують автоматичний транспорт товарів по складу, що дозволяє швидко та ефективно переміщувати товари від одного пункту до іншого.

Технології PickbyLight та машинний зір роблять можливим автоматизований вибір товарів зі складу. PickbyLight використовує світлодіодні індикатори для наведення робочих на позицію товару, що робить процес вибору товарів швидким і ефективним. Машинний зір застосовує штучний інтелект та комп'ютерне зорове розпізнавання для автоматизованого пошуку та вибору товарів на складі [2].

Група компаній KAPELOU реалізує системи безпаперового відбору та розміщення товару як самостійне рішення на основі наявної екосистеми складу, а також як елемент комплексної автоматизації.

Недоліки автоматизації складів включають високі витрати на впровадження та обслуговування, складність інтеграції з існуючими системами, потребу в постійній технічній підтримці, обмежену гнучкість, ризик технічних проблем та підвищену вразливість до кібератак.

Цифрові двійники, як цифрові відтворення фізичних об'єктів або процесів, стали однією з найбільш захоплюючих тенденцій у сфері новітніх технологій. В багатьох випадках логістичні експерти зауважують, що товари або послуги не можуть точно відповідати своїм цифровим прототипам через незрілість моделювання, яке не враховує фактори зношення та заміни деталей конструкцій. Однак технологія цифрових двійників усуває цю проблему, дозволяючи об'єднати фізичний та цифровий світи, що дає можливість взаємодіяти з цифровою моделлю фізичного об'єкта так само, як і з його фізичним аналогом.

У секторі складських операцій цифрові двійники можуть служити для створення точних тривимірних моделей складів та експериментування зі

змінами у розташуванні або впровадженні нового обладнання для оцінки їхнього впливу. Логістичні центри можуть створювати цифрові дублікати для тестування різних сценаріїв та підвищення ефективності, а мережі доставки можуть використовувати їх для надання реального часу інформації, скорочення термінів доставки та підтримки автономних транспортних засобів на їхніх маршрутах [3].

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) – технологія, що впливає на різні аспекти управління складом, починаючи від контролю запасів до потенційних питань безпеки. QR-коди, RFID та інші системи відстеження надають менеджерам складу інформацію про доступні продукти та їх розташування. IoT також сприяє підвищенню точності та швидкості управління персоналом. Час, потрібний для пошуку та доставки товару на склад, зменшується до мінімуму.

Система радіочастотної ідентифікації (RFID) вже широко використовується на складі та буде ще більш вдосконаленою у найближчі роки. Переваги RFID включають більший контроль та прозорість інвентаризації та спрощуючи облік. Мітки RFID містять значно більше інформації, ніж штрих-коди. Крім того, мітки RFID передають інформацію за допомогою радіохвиль, що, наприклад, дозволяє отримати інформацію про вантаж без розпакування упаковки, що значно прискорює оборот товару [4].

Отже, сьогодні відбувається поступова серйозна трансформація у галузі виробничої та складської логістики. Як і у будь-якій іншій сфері, логістика швидко змінюється, в ній з'являються різноманітні нові технології. Використання цих передових технологій вважається перспективним кроком у розвитку логістики, оскільки вони дозволяють реалізувати логістичний потенціал підприємств та забезпечити високий рівень їхньої конкурентоспроможності.

Список використаних джерел:

1. Середницька Л.П., Волинець В.В. Інноваційні технології в логістичній системі. Економіка і суспільство. 2018. № 19. С. 617–621.
2. Шевченко І. В. Впровадження інновацій у логістичну діяльність вітчизняних підприємств як фактор підвищення конкурентоспроможності / І. В. Шевченко // Електронний додаток до матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції : «Конкурентоспроможність та інновації : проблеми науки та практики», 18-19 листопада 2015 року. – Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2015. – С. 307-310.
3. Колодізева Т. О. Інноваційні технології в логістиці : [навчальний посібник] / Т. О. Колодізева, Г. Р. Руденко. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2013. 268 с.
4. Study of manufacturing defects in the technology of manufacturing moems semiconductor substrates for technical automation means / O. Chala et al. Journal of Natural Sciences and Technologies. 2023. Vol. 2, no. 2.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ ОДОМЕТРІЇ ДЛЯ НАВІГАЦІЇ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ У НЕВИЗНАЧЕНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Теслюк С.І.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Невлюдов І.Ш.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР,  
м. Харків, Україна

e-mail: [serhii.tesliuk@nure.ua](mailto:serhii.tesliuk@nure.ua)

Accurate localization of mobile platforms in an uncertain environment is a fundamental challenge and one of the most important tasks of mobile robots. To autonomously navigate a robot, track its movement, detect and avoid obstacles, it must store information about its position over time. The use of vision-based odometry is a reliable technique that can solve the tasks at hand. This allows reliable localization of the platform using only the image stream captured by the camera attached to the robot.

Точна локалізація мобільних роботів у промислових приміщеннях є фундаментальною проблемою з навігації. Для досягнення автономної навігації, мобільний робот повинен зберігати інформацію про своє положення з часом. Таким чином існує багато розроблених дослідниками засобів для локалізації платформи за рахунок використання різних датчиків, методів та системи для позиціонування мобільних роботів, таких як одометрія коліс, лазерна/ультразвукова одометрія, глобальна система позиціонування, глобальна навігаційна супутникова система, інерціальна навігаційна система і візуальна одометрія та інші. Однак дані методи мають свої недоліки. Одометрія колеса є найпростішим доступним методом для оцінки положення, але є недолік дрейфу положення через прослизання колеса. Інерціальна навігаційна система дуже схильна до накопичення дрейфу та є дорогим і нежиттєздатним рішенням для комерційних цілей. Незважаючи на те, що GPS є найпоширенішим рішенням для локалізації, оскільки він може надати абсолютне положення без накопичення помилок, він ефективний лише на відкритих місцях, він не може бути застосований в приміщенні, бо сигнал зі супутників або вишок зв'язку значно знижується, внаслідок ослаблення супутникового сигналу в стінах і перекриттях будівель, або зовсім відсутній. Ще до недоліків GPS можна віднести оцінювання положення з помилками порядку декілької сотень метрів. Ця похибка вважається занадто великою для завдань автономної навігації робота у невизначеному середовищі, які вимагають точності в сантиметрах.

Візуальна одометрія є процесом визначення подібної інформації для оцінки відстані переміщення на основі послідовних зображень отриманих з камери або відеопотоки. Візуальна одометрія дозволяє підвищити точність

навігації маніпуляторів на роботах або мобільних платформах, які використовують будь-який спосіб пересування відносно поверхні (рис. 1).

Зображення містять достатню кількість значущої інформації (колір, текстура, форма тощо), щоб оцінити рух камери в статичному середовищі.

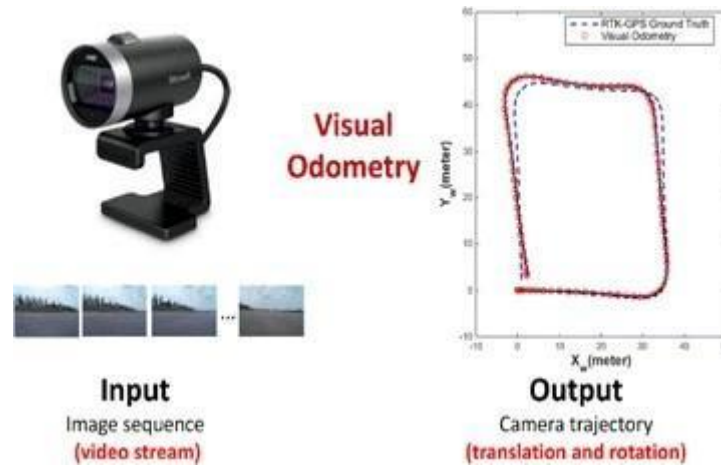


Рисунок 1 – Використання візуальної одометрії

Це важливо для точної навігації в неструктурованих або невизначених середовищах. Також роботи можуть використовувати візуальні дані для створення карти навколишнього середовища, що полегшує планування маршрутів і уникнення перешкод.

Мобільна платформа з візуальною одометрією можуть проводити інспекції та обстеження у важкодоступних чи небезпечних місцях, наприклад, у виробництві після аварій, під водою чи інших місцях.

У разі використання маніпуляторів на платформі візуальна одометрія допомагає точно позиціонувати свої інструменти для виконання різних завдань, наприклад для забезпечення точного позиціонування у промислових процесах, де потрібна висока точність та повторюваність рухів роботів.

Візуальна одометрія може бути важливою частиною систем навчання з підкріпленням, де роботи можуть вчитися переміщатися та взаємодіяти з навколишнім середовищем на основі візуальних даних.

Альтернативою методу виділення ознак являється "прямий" метод, який мінімізує помилку напряму в просторі зображення без попереднього пошуку ознак і їх порівняння.

На рисунку 2 показано варіант встановлення камери на мобільній платформі для отримання даних про навколишнє середовище попереду мобільного пристрою.

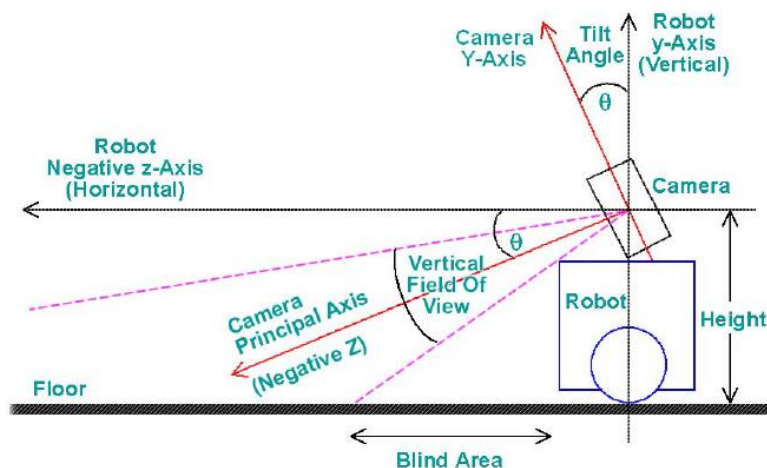


Рисунок 2 – Принцип встановлення камери на роботі для отримання візуальних даних про середовище попереду мобільного пристрою

Загальний алгоритм візуальної одометрії з виглядає так: підготовка даних, пошук характерних особливостей на поточному кадрі, сегментація, визначення зміщення поточного фрейма відносно попереднього, на основі знайденого зміщення здійснюється пошук і порівняння характерних особливостей не відразу в усьому зображенні, а по ділянках, що відповідають другу-другу, для порівняння і вирівнювання, фінальне вирівнювання результатів, доповнення загальної сцени даними з поточного сцени. В результаті даних кроків можна отримати фінальну ізометрію, досить точну для подальшого конструювання глобальної сцени і позиціонування камери в ній.

Таким чином, візуальна одометрія відіграє ключову роль у підвищенні ефективності, точності та адаптивності роботів у різних галузях, що робить її важливою у робототехніці.

#### Список використаних джерел:

1. I. Nevliudov, S. Novoselov, O. Sychova and S. Tesliuk, "Development of the Architecture of the Base Plat-form Agricultural Robot for Determining the Trajectory Using the Method of Visual Odometry," 2021 IEEE XVIIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2021, pp. 64-68, doi: 10.1109/MEMSTECH53091.2021.9468008.
2. I.Nevludov, S.Novoselov, O.Sychova, S.Tesliuk.Production Workspace Obstacle Avoidance Mobile Robot Trajectory Modeling 2021: Fifth International Scientific and Technical Conference "COMPUTER AND INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES" pp.61-62.
3. M. E. Rusli, M. Ali, N. Jamil and M. M. Din, "An Improved Indoor Positioning Algorithm Based on RSSI-Trilateration Technique for Internet of Things (IOT)," 2016 International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE), 2016, pp. 72-77, doi: 10.1109/ICCCE.2016.28.

УДК 681.5:004.89

**РОЗРОБКА ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ  
ЗНАХОДЖЕННЯ ЛЮДИНИ В РОБОЧІЙ ЗОНІ  
КОЛАБОРАТИВНОГО РОБОТА**

Тетеря В.В.

Науковий керівник – к.н.т., доц. Максимова С.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР  
м. Харків, Україна

e-mail: [vitalii.teteria@nure.ua](mailto:vitalii.teteria@nure.ua)

This work is devoted to the use of modern computer vision technologies for the development of human presence identification systems in the working area of a collaborative robot. Visual data processing methods are presented, as well as their integration to improve the accuracy and reliability of the identification system. There is a very popular library for object identification such as OpenCV in the C++ programming language, with the help of this library it is possible to recognize faces, movements, specific details of the human body to protect a person from significant injuries that can be received at the workplace when interacting with a robot.

На даний момент майже всі великі підприємства мають виробничу ділянку, на якій розташовані роботи, які виконують завдання різного роду. Значна кількість роботів не мають досі системи захисту від травмувань людини, яка взаємодіє з тим чи іншим роботом. Тому виникає попит створення програмного забезпечення для колаборативних роботів для уникнення отримання травм людини при взаємодії з роботом. Для написання такого програмного забезпечення виникає необхідність використання бібліотек у сфері комп'ютерного зору та машинного навчання.

Машинне навчання - це галузь штучного інтелекту, яка вивчає методи, які дозволяють комп'ютерам вчитися з даних та робити прогнози або приймати рішення без явного програмування. Машинне навчання може бути застосоване до багатьох завдань у комп'ютерному зорі, таких як класифікація об'єктів на зображеннях, виявлення облич, визначення об'єктів тощо. Комп'ютерний зір та машинне навчання часто використовуються разом для розв'язання складних задач у сфері автоматизації, робототехніки, медицині, безпеці та інших.

Якщо проаналізувати існуючі виробництва з ділянками, на яких працюють роботи, маємо попит в модифікації даних роботів до колаборативних для уникнення отримання травм людиною на виробництві. Таким чином набагато зменшиться кількість травм на виробництві.

Одна з найбільш популярних бібліотек комп'ютерного зору та машинного навчання є бібліотека OpenCV, яка була розроблена компанією

Intel. Надає велику кількість засобів для обробки, аналізу, розпізнавання об'єктів на зображенні, відстеження руху об'єктів, перетворення зображень та інші.

OpenCV – це спеціальна бібліотека відкритого програмного забезпечення, яка надає інструменти для розробки програмного забезпечення у сфері комп'ютерного зору та машинного навчання. Вона дозволяє виконувати різноманітні завдання, які пов'язані з обробкою зображень та відео, а також ідентифікацією об'єктів.

Вирішення проблеми створення програмного забезпечення для колаборативних роботів можливе за допомогою середовища розробки Microsoft Visual Studio та мови програмування C++. Бібліотека OpenCV має гарну сумісність з даною мовою, що надає зручності для написання програмного засобу.

Для створення безпосередньо самого програмного засобу необхідно створити MFC проєкт, налаштувати його та підключити всі необхідні бібліотеки для функціонування методів бібліотеки OpenCV.

Наступним кроком є обрання методу ідентифікації людини в зоні дії колаборативного робота, який найбільше підходить під той чи інший робот, в залежності від виду його роботи. Наприклад: ідентифікація по обличчю, частини тіла, руки або ноги.

Останнім кроком буде тестування створеного програмного забезпечення, відладка її роботи та після цього встановлення прошивки на роботів.

Можемо зробити висновок, що в теперішній час використання бібліотеки OpenCV в розробці програмного забезпечення для колаборативних роботів являє собою потужне рішення. При розробці ПЗ можуть виникати деякі складнощі, але всі вони мають вирішення.

#### Список використаних джерел:

1. Бібліотека OpenCV. URL: <https://opencv.org/> (дата звернення: 04.02.2024).
2. Використання бібліотеки opencv для розпізнавання людини в зоні дії робота. URL: <https://evergreens.com.ua/ru/articles/open-cv-face-recognition.html> (дата звернення: 07.02.2024).
3. Колаборативні роботи в галузі виробництва. URL: <https://www.fanuc.eu/ua/uk/> (дата звернення: 10.02.2024).



## СИСТЕМИ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ МОБІЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ В ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Тимошенко М.В.

Науковий керівник – к. т. н., проф. Новоселов С.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КІТАР,  
м. Харків, Україна

e-mail: mykola.tymoshenko2@nure.ua

This work is devoted to the issue of positioning mobile platforms in production premises. Based on the analysis, it was concluded that there is a demand for this offer on the market, currently it is satisfied by substitute goods and more expensive solutions, which is why it is important and appropriate, at this time, to develop a profitable product, comparing it with competitors.

Система позиціонування реального часу один з найважливіших компонентів в цифровій інфраструктурі заводу майбутнього. Інтелектуальні системи (наприклад, мобільні робототехнічні комплекси, безпілотні транспортні мережі і найсучасніше програмне забезпечення автоматизації) можуть фокусуватися і реагувати без втручання оператора, тільки якщо вони отримують повну інформацію про розташування і траєкторії переміщення об'єктів. Саме для цього необхідна точна і надійна платформа. Вона визначає місце розташування об'єктів з точністю до сантиметра і передає відомості про місце положення системам більш високого рівня в режимі реального часу [1].

За проведеним аналізом, було зроблено висновки, що на дану пропозицію на ринку присутній попит, наразі він задовольняється товарами замінниками та більш дорогими рішеннями, саме тому важливим і доречним, в цей час, є завдання розробки вигідного продукту, порівнюючи з конкурентами. Рентабельність на ринку послуг насамперед обумовлена заміною повної апаратної залежності на універсальність, що обумовлена використанням не спеціалізованих комплексів, а загальнозживаного програмного та апаратного забезпечення.

Актуальність цієї теми обумовлена необхідністю оптимізації траєкторії пересування мобільних транспортних роботів при перевезенні корисного навантаження (деталей, складальних одиниць) у виробничому цеху серед неоднорідних перешкод між промисловим обладнанням, з однієї ділянки на іншу, або між робочими місцями.

Як правило, модулі такого типу для керування рухом призначені для управління одним приводом колес роботизованої платформи. Привід колес може бути побудований на кроковому двигуні, або з використанням безщітного мотору. В залежності від типу двигуна буде відрізнятися програма керування, але апаратна частина залишається без зміни. В залежності від двигуна до модуля керування необхідно підключити різні

типи драйверів. Але, дуже важливим є таке розміщення складових частин, щоб мінімізувати помилки розпізнавання при різноманітних поворотах та згинаннях маркерів та затіненні його частин.

Для розробки планується обрати автоматизовану систему локального позиціонування мобільної платформи з використанням модулів ESP32: бездротовий модуль Wi-Fi ESP32 - WROOM-32U, модуль оснащений роз'ємом ipx13 (IPEX) для підключення зовнішньої антени. На платі UART-USB адаптер, на чіпі Silabs CP2102. Технічні характеристики: процесор двоядерний 32-розрядний процесор Xtensa LX6 160-240МГц.

При виборі комплектуючих, треба також враховувати методи, які будуть використані для позиціонування, від цього залежать способи керування та обрання програмного забезпечення для програмування.

Більшість методів, алгоритмів та складових технологій позиціонування не є новими, оскільки реалізуються також зовні. Однак те, як вони ведуть себе в умовах виробничих, цехових приміщень, відрізняється докорінно. Щоб визначити позицію користувача, використовують дві складові: властивості сигналу та алгоритми позиціонування. Властивості сигналів – геометричні параметри, що складаються з таких метрик як кут, відстань та сила сигналу для отримання позиції об'єкта шляхом математичних обчислень.

**Висновки.** Можна зробити висновки, що наразі системи позиціонування мобільних платформ в виробничих приміщеннях в переважній більшості, знаходяться на стадії доопрацювання і робота в цьому напрямку є затребуваною. Проте вартість їх впровадження та витрати на експлуатацію в поєднанні з недостатньою точністю часто переважають отримані вигоди, що вказує на необхідність їх доопрацювання.

#### Список використаних джерел:

1. Новоселов С. П., Сичова О. В. Принцип використання віртуальних приладів в управлінні промисловим обладнанням // Інтелектуальні інформаційні системи в управлінні проектами та програмами : збірник праць Міжнар. наук.-практ. конф., 12–15 верес. 2023 р., Коблево, 2023. С. 155-159.

2. Сичова О. В., С. П. Новоселов, Коломейко Є. В. Розробка мікроконтролерного модуля для керування рухом роботизованої мобільної платформи // Напівпровідникові матеріали, інформаційні технології та фотовольтаїка : тези доповідей VII Міжнар. наук.-практ. конф., 14-16 травня 2022 р. Кременчук, 2022. С. 107-108. URI <https://openarchive.nure.ua/handle/document/20707>

3. Електропневмоавтоматичні приводи в автоматизованих системах керування: навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов та ін. Харків, ХНУРЕ, 2021. 292 с. DOI: 10.30837/978-966-659-332-3.

**УДК 621.396.6:004.312.031.6**

**РЕА ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ**

## **INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AVIONICS SYSTEMS FOR AUTONOMOUS FLIGHT CONTR**

Бін Джах Х.М.С

Науковий керівник - к.т.н. проф. Хорошайло Ю.Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф ПЕЕА

М. Харків, Україна

email: [dzhakh.bin@nure.ua](mailto:dzhakh.bin@nure.ua)

The integration of artificial intelligence (AI) into avionics systems has emerged as a transformative approach in the aviation industry, which promises to enhance efficiency, safety, and autonomy in flight control operations.

This thesis investigates the utilization of AI techniques, and it discusses the various applications of AI in avionics systems, ranging from autopilot systems and trajectory optimization to collision avoidance, predictive maintenance, and Communication systems etc...The integration of artificial intelligence in avionics systems represents a transformative shift in the aviation industry towards autonomous flight control. By leveraging AI technologies, aircraft can achieve higher levels of autonomy, safety, and efficiency, paving the way for the next generation of intelligent aviation system.

### **Enhancing Flight Safety and The Revolutionary Impact of Autonomous Systems**

More than a century after the invention of the autopilot, aerospace engineers are still working to bring more automated processes into aircraft cockpits to enhance safety, increase efficiency, and reduce pilot workload. With the help of artificial intelligence (AI), autopilot technology has evolved from simple devices that maintain an aircraft's altitude and heading to fully autonomous flight control systems capable of performing gate-to-gate operations without any human input.

In recent years, the aviation industry has witnessed a significant paradigm shift with the advent of artificial intelligence (AI) technologies. Among the myriad applications of AI in aviation, one of the most groundbreaking areas is the integration of AI into avionics systems for autonomous flight control. This integration holds the promise of revolutionizing the way aircraft operate, paving the way for safer, more efficient, and more adaptive flight control mechanisms.

The integration of AI in avionics systems for autonomous flight control represents a transformative opportunity for the aviation industry. By harnessing the power of AI, aircraft can achieve unprecedented levels of intelligence,

adaptability, and safety, paving the way for a more efficient and sustainable future of aviation.

AI important in the Aviation industry. In the realm of flight operations and related sectors, the significance of intelligent systems cannot be understated. These technologies are integral to ensuring safety, enhancing efficiency, curtailing expenses, and elevating customer service. The use of AI in aviation has transformed operational processes. Automation is now commonplace and vital for maintaining competitive advantage in the airline industry.

AI in the airline industry has opened a wealth of possibilities, such as predictive maintenance, optimization of fuel consumption, autonomous drones for inspections, and baggage handling robots. These technological innovations have demonstrated that AI in aviation offers multifaceted benefits to airlines and passengers by improving punctuality rates and reducing flight cancellations.

Thus, AI and automation are revolutionizing the airline industry by creating safer skies while simultaneously boosting productivity and profitability.

#### The Role of Artificial Intelligence (AI) in Air Travel

AI-driven predictive maintenance systems analyze vast amounts of data from sensors and equipment on planes, enabling airlines to predict when components need servicing or replacement. This proactive approach reduces the risk of in-flight malfunctions, ensuring that aircraft are in optimal condition.

AI also assists pilots during flights by providing real-time data analysis and predictive analytics. Automated systems can identify and address potential safety concerns, such as weather changes or navigation adjustments, helping pilots make informed decisions and avoid dangerous situations.

AI-powered collision avoidance systems can detect nearby aircraft and obstacles, issuing timely alerts to prevent accidents. Additionally, AI contributes to air safety through improved air traffic management. AI algorithms help optimize air traffic flow, reducing congestion in the skies and minimizing the risk of mid-air collisions.

#### References:

1-<https://attractgroup.com/blog/how-ai-and-automation-are-revolutionizing-the-aviation-industry/>.

2-<https://utilitiesone.com/the-quest-for-intelligent-aircraft-incorporating-autonomous-systems>.

3- <https://amprius.com/aircraft-safety/>.

4-<https://www.linkedin.com/advice/3/how-can-you-integrate-ai-aircraft-systems-skills-aviation-wcede>

5- <https://www.aviationfile.com/artificial-intelligence-and-air-traffic-control/>

**ВИВЕДЕННЯ АЛГОРИТМА НІКОЛСОНА-РОСА-ВЕЙРА**

Гапон Н.Я.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Зайченко О.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.

МЕЕПП

м. Харків, Україна

email: [nataliia.zaichenko@nure.ua](mailto:nataliia.zaichenko@nure.ua)

This work is devoted to analysis of Nicolson Ross Weir algorithm and derivation of expression for reflection coefficient through elements of scattering matrix. This derivation was important, because during the creation of an analytical model of a defect from signal flow graphs, we will try to use a similar derivation for the synthesis of formulas, otherwise we will take into account the uncertainty and make corrections to the calculations.

Розглянемо формули для  $S_{11}$  виведені через правило Мезона без скорочень. Згідно орієнтованого графа [1]

$$S_{11} = \frac{(1+\Gamma)z(-z\Gamma)(1-\Gamma) + \Gamma}{(1-\Gamma^2z^2)} \quad (1.1)$$

Приведемо до загального знаменника і розкриємо дужки

$$S_{11} = \frac{(1-\Gamma^2)(-z^2\Gamma) + \Gamma - \Gamma^3z^2}{(1-\Gamma^2z^2)} \quad (1.2)$$

$$S_{11} = \frac{-z^2\Gamma + \Gamma^3z^2 + \Gamma - \Gamma^3z^2}{(1-\Gamma^2z^2)} \quad (1.3)$$

Оскільки додток  $\Gamma^3z^2$  входить з різними знаками скоротимо його

$$S_{11} = \frac{-z^2\Gamma + \Gamma}{(1-\Gamma^2z^2)} \quad (1.4)$$

Виносимо спільний множник за дужки

$$S_{11} = \frac{(1-z^2)\Gamma}{(1-\Gamma^2z^2)} \quad (1.5)$$

Таким чином, отримано вираз  $S_{11}$ , що було потрібно довести.

Вираз для  $S_{11}$  містить вираз для  $S_{21}$ . Звідси можна записати

$$S_{11} = S_{21}(-z\Gamma) + \Gamma \quad (1.6)$$

тоді

$$z = \frac{\Gamma - S_{11}}{S_{21}\Gamma} \quad (1.7)$$

Підставимо отриманий вираз в формулу для  $S_{21}$

$$s_{21} = \frac{(1-\Gamma^2)z}{1-\Gamma^2 z^2}$$

Звідки отримуємо

$$s_{21}(1-\Gamma^2 z^2) = (1-\Gamma^2)z, \quad (1.8)$$

$$s_{21} \left( 1 - \Gamma^2 \left( \frac{\Gamma - s_{11}}{s_{21}\Gamma} \right)^2 \right) = (1-\Gamma^2) \frac{\Gamma - s_{11}}{s_{21}\Gamma}. \quad (1.9)$$

Звідси витікає

$$s_{21} \left( 1 - \frac{\Gamma^2 (\Gamma - s_{11})^2}{s_{21}^2 \Gamma^2} \right) = \frac{(1-\Gamma^2)(\Gamma - s_{11})}{s_{21}\Gamma}. \quad (1.10)$$

Приведемо до загального знаменника ліву частину та скоротимо на  $s_{21}$

$$\cancel{s_{21}} \left( \frac{s_{21}^2 - (\Gamma - s_{11})^2}{\cancel{s_{21}} \Gamma^2} \right) = \frac{(1-\Gamma^2)(\Gamma - s_{11})}{\cancel{s_{21}} \Gamma}. \quad (1.11)$$

Тоді отримаємо

$$s_{21}^2 - (\Gamma - s_{11})^2 = \frac{(1-\Gamma^2)(\Gamma - s_{11})}{\Gamma}. \quad (1.12)$$

Маємо таке

$$\left\{ s_{21}^2 - (\Gamma^2 - 2\Gamma s_{11} + s_{11}^2) \right\} \Gamma = \frac{\{ \Gamma - \Gamma^3 - s_{11} + \Gamma^2 s_{11} \} \Gamma}{\Gamma}. \quad (1.13)$$

Звідси

$$s_{21}^2 \Gamma - \Gamma^3 + 2\Gamma^2 s_{11} - \Gamma s_{11}^2 = \Gamma - \Gamma^3 - s_{11} + \Gamma^2 s_{11}. \quad (1.14)$$

Тоді

$$\Gamma^2 s_{11} + \frac{(s_{21}^2 - s_{11}^2 + 1)}{s_{11}} - s_{11} = 0. \quad (1.15)$$

Отримаємо

$$\Gamma^2 + \frac{(s_{21}^2 - s_{11}^2 + 1)}{s_{11}} \Gamma - 1 = 0. \quad (1.16)$$

Рішення цього квадратного рівняння через детермінант наведено в [1].

Це виведення важливе, тому що під час створення аналітичної моделі дефекту з орієнтованих графів будемо намагатися використати аналогічне виведення для синтезу формул, а інакше врахуємо невизначеністю і будемо вносити поправку до розрахунків.

Список використаних джерел:

1. Nicolson A. M. Measurement of the intrinsic properties of materials by time-domain techniques / A. M. Nicolson, G. F. Ross. // IEEE Transactions on instrumentation and measurement. 1970. № 19. С. 377–382.

## МОДЕЛЬ У ВИГЛЯДІ ТЕПЛОВИХ ЧОТИРИПОЛЮСНИКІВ ДЛЯ ДЕФЕКТОСКОПІЙ ФІЛАМЕНТА 3D ДРУКУ

Гапон Н.Я.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Зайченко О.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПЕЕА  
м. Харків, Україна

email: [nataliia.zaichenko@nure.ua](mailto:nataliia.zaichenko@nure.ua).

This work is devoted to thermal quadruple model for defectoscopy of filament. The advantage of using thermal quadrupoles to describe multilayer samples of dielectrics is that each layer in the model is described by a separate quadrupole, then in the model quadrupoles, that is, separate layers are connected in cascade, and the entire sample is provided as a product of matrices corresponding to the layers.

У галузі неруйнівного контролю використовуються такі методики: рентгенографічне, візуальне, ультразвукове, термографічне, інфрачервоне термографічне тестування, акустичне випромінювання, акустико-ультразвукове, електромагнітне, оптичне тестування, тестування на проникнення рідини та тестування магнітних частинок. Існує велика різноманітність неруйнівних прийомів або методів. Ці методи можна застосовувати на металах, пластмасах, кераміці, композитах, металокераміці та покриттях, щоб виявити тріщини, внутрішні порожнини, порожнини поверхні, розшарування, неповні дефекти зварних швів та будь-який дефект, який може призвести до передчасного руйнування.

Перевага використання теплових чотириполіусників для опису багатошарових зразків діелектриків полягає в тому, що кожен шар в моделі описується окремим чотириполіусником, потім в моделі чотириполіусники тобто окремі шари з'єднуються каскадно, а весь зразок надається як добуток матриць які відповідають шарам. Наприклад, нехай дефект представлений в моделі середнім шаром з трьох. На передній та задній поверхні зразка вимірюється температура та тепловий потік. Потрібно знайти температуру всередині зразка де розташований дефект, тоді можна визначити глибину залягання дефекту та товщину дефекту. Під час рішення використовується лінійної алгебра.

Коли одношаровий зразок опромінюється джерелом з одного боку температура на передній панелі зменшується на задній панелі навпаки збільшується, в певний час температура на обох поверхнях асимптотично наближається до середнього усталеного значення. Якщо шар плити визначається координатами  $x_1$  і  $x_2$  ( $0 \leq x_1 < x_2 \leq e$ ) розглядається, то ми можемо написати таке основне рівняння чотириполіусника [1,2]

$$\begin{bmatrix} \theta(x_1) \\ \phi(x_1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A(w) & B(w) \\ C(w) & D(w) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta(x_2) \\ \phi(x_2) \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} \theta_2 \\ \phi_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$



де чотири коефіцієнти A, B, C і D визначаються рівнянням

$$A = D = \cosh(ke); \quad B = \frac{1}{\lambda k S} \sinh(ke), \quad (2)$$

$$C = \lambda k S \sinh(ke); \quad k = \sqrt{p/a}, \quad (3)$$

Записуючи це рівняння для  $x_1=e/2$  та  $x_2=e$  можна розрахувати середню температуру та тепловий потік

$$\theta(e/2) = A(e/2)\theta(e) = \frac{Q}{2\lambda\sqrt{p/a} \sinh\left(\frac{e}{2}\sqrt{p/a}\right)}, \quad (4)$$

$$\phi(e/2) = C(e/2)\theta(e) = \frac{QS}{2} \frac{1}{\cosh\left(\frac{e}{2}\sqrt{p/a}\right)}, \quad (5)$$

Попередні три температури та середній потік можна обчислити в часовій області шляхом чисельної інверсії перетворень Лапласа. Чисельна інверсія цих перетворень виконується за допомогою алгоритму Stehfest. Є відомим перетворенням Лапласа функції  $f(t)$ , тоді можна обчислити наближене значення цієї функції в момент часу  $t$

$$f(t) \approx \frac{\ln(2)}{t} \sum_{i=1}^n v_i F(i \ln(2)/t) \quad (6)$$

Коефіцієнти Stehfest  $1/12, -385/12, 1279, -46871/3, 505465/6, -473915/2, 1127735/3, -1020215/3, 328125/3, -65625/2A$  також товщина зразка  $e=0,01\text{м}$ , теплопровідність  $\lambda=2 \text{ Вт/м К}$ , температуропровідність  $a=10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , площа  $S=1 \text{ м}^2$ . На рис.1 показані температура та тепловий потік пластини.

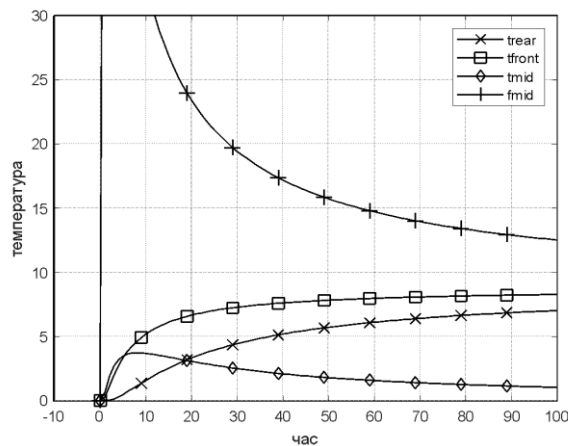


Рис.1 Температура та тепловий потік одношарової пластини яка збуджується фронтом імпульса Дірака.

Список використаних джерел:

1. Carslaw H. S., Jaeger J. C. Conduction of Heat in Solids Oxford University Press, Oxford, UK. 1959. 310 p.
2. Maillet, D. Thermal quadrupoles: solving the heat equation through integral transforms. 2000. 366 p.

## ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КОЛОРИМЕТРІВ ДЛЯ ЕКСПРЕС-АНАЛІЗУ ЯКОСТІ ВОДИ

Гусак О. А., Небрат В.В.

Науковий керівник –к.т.н., доц. Хорошайло Ю. Є.,  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.ПЕЕА,  
м. Харків, Україна

email: oleksii.husak@nure.ua, email: valerii.nebrat@nure.ua

This work explores the use of portable electronic colorimeters for rapid water quality analysis on-site. It discusses their importance in various applications such as aquaculture monitoring and water source assessment. The benefits of electronic colorimeters, including speed and accuracy, are emphasized, highlighting their role in eliminating the need for sample transportation to laboratories. The necessity of field testing for reliable results and the basic equipment required for such analysis are outlined. Overall, the study concludes that mobile electronic colorimeters offer an efficient and economical approach to water quality analysis.

Застосування портативних переносних лабораторій для аналізу води є надзвичайно важливим у проведенні хімічного експрес-аналізу води прямо на місці - на полях або на виробництві. Наприклад, вони використовуються для моніторингу якості води в аквакультурі, контролю за системами очищення води, а також для визначення якості джерел водопостачання.

Використання спеціального обладнання для цілей польового аналізу води може значно підвищити ефективність заощадження коштів та покращити якість води. Наприклад, електронні колориметри дозволяють швидко та точно визначати рівень конкретних хімічних речовин у воді без необхідності транспортування проб до лабораторії.

Польові випробування важливі, тому що вони дозволяють отримувати дані безпосередньо на місці забору проби. Це дозволяє уникнути неточностей, пов'язаних з транспортуванням і зберіганням проб до лабораторного аналізу, таких як зміни температури, аерації, консервації та забруднення. Крім того, польові випробування забезпечують швидкість і ефективність, оскільки дозволяють одному фахівцеві швидко та точно отримувати репрезентативні результати на місці. Результати можуть бути записані вручну або збережені за допомогою спеціальних програмних засобів. Враховуючи ці переваги, можна визначити, що застосування мобільних електронних колориметрів є більш ефективним та економічним способом проведення багатьох видів аналізу якості води.

В якості першого кроку фахівці систем водопостачання повинні вирішити, що саме вони хочуть аналізувати. Два поширені польові випробування проводяться для аміаку (наприклад, якість води та аквакультури) та хлору (для систем водопідготовки та очищення стічних

вод), які можуть розсіюватися з плином часу і, отже, якість аналізу від поточних показників значно вираєпорівняно з затриманими лабораторними результатами ( лабораторний аналіз також є важливим, тому мобільні та статичні інструменти повинні використовуватися в тандемі залежно від застосування). Інші тести, які можуть бути легко проведені в польових умовах, це аналіз рН, провідність, каламутність і вміст кисню. Знову ж таки, вони також можуть бути перевірені в лабораторії, але зміни температури можуть істотно змінити результати і в кінцевому підсумку надати недостовірну і неповну інформацію.

Існує безліч варіантів обладнання для аналізу води на місці, але базовий комплект для польового тестування повинен включати:

- електронний колориметр для вимірювання концентрації компонентів проби води з використанням світла, що проходить через зразок, який реагував з утворенням забарвлених частинок;

- електронний денситометр для визначення прозорості (або каламутності) зразка з використанням джерела світла, щоб побачити частинки, плаваючі в зразку.

Переносні прилади повинні бути достатньо легкими і достатньо міцними, щоб витримувати поштовхи при транспортуванні, водонепроникним, щоб функціонувати належним чином після занурення у воду. Рекомендується, щоб все польове обладнання мало значення захисту від проникнення IP67. Це означає, що прилад повністю непроникний для пилу, а також захищений від впливу занурення у воду на глибині від 15 см до одного метра.

Ще одним ключовим елементом є звітність. Дані, зібрані в польових умовах, можуть бути записані і повернуті в лабораторію, але завдяки технологічним досягненням останніх років тепер стало можливим збирати і зберігати великі обсяги даних в електронному вигляді на місці або в польових умовах і передавати в лабораторію для аналізу. Це усуває одне з важливих відхилень від інформації, отриманої не в лабораторії, так зіставлення і звітність за результатами польових випробувань можуть бути прискорені.

Єдиного підходу до польових випробувань не існує, але наявність правильного обладнання допоможе зробити збір даних, звітність та аналіз таким же простим, як і в лабораторії.

#### Список використаних джерел:

1. Electronic Colorimetry: Monograph / Yu. E. Khoroshaylo, I. K. Sezonova, S. A. Efimenko, A. Yu. Sereda. Kharkiv, 2022. 280 p.

2. Mobile digital colorimetry for the determination of ammonia in aquaculture applications / Zamora-Garcia, I., Correa-Tome, F. E., Hernandez-Belmonte, U. H., Ayala-Ramirez, V., Ramirez-Paredes, J. P. Computers and Electronics in Agriculture. 2021. 181p.

## **АВТОМАТИЧНИЙ ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ ТЕПЛИЧНИМ ГОСПОДАРСТВОМ**

Дмитренко Д.М.

Науковий керівник – д.п.н., доцентка Белова-Олейник Ю.Ю.

Бердянський державний педагогічний університет, кафедра ПОТНТ

м. Бердянськ, Україна

e-mail: [ddn.research@gmail.com](mailto:ddn.research@gmail.com)

This article describes a device developed specifically for greenhouse management. It is designed to provide significant assistance to greenhouse farms in caring for plant growth, increasing automation, and aiding personnel in maintaining the greenhouse. The device is currently undergoing testing. Automation optimizes the processes of growing plants, creating ideal conditions for their growth and development, leading to increased productivity and product quality.

Тепличні господарства є одним із основних елементів сучасного сільського господарства, забезпечуючи країну продуктами харчування та сільськогосподарськими культурами протягом усього року. Україна, маючи сприятливий клімат, має величезний потенціал для розвитку цього сектору. Теплиці дозволяють продовжити сезон вирощування, забезпечують захист від несприятливих погодних умов та створюють оптимальні умови для росту рослин [1].

Однією з переваг теплиць є можливість контролювати довкілля, що дозволяє створити оптимальні умови для зростання та розвитку рослин.

У теплицях важливо підтримувати стабільну температуру, рівень вологості, освітлення та інші параметри, необхідні для оптимального зростання та розвитку рослин. Це сприяє підвищенню продуктивності та якості врожаю. Однак, при використанні теплиць можуть виникати складності. Наприклад, необхідність у постійному контролі та регулюванні умов усередині теплиці. Автоматизація теплиць за допомогою засобів моніторингу, систем автополиву та управління мікрокліматом допомагає справлятися з цими завданнями.

Засоби автоматичного управління та спостереження забезпечують стабільні умови для росту рослин. Вони дозволяють автоматично регулювати температуру, вологість, освітлення та полив. Це не лише покращує умови для рослин, а й оптимізує використання ресурсів, що є важливим в умовах сучасного екологічного балансу. Повна автоматизація теплиці включає широкий спектр рішень, від систем поливу та управління теплом до моніторингу рівня ультрафіолету. З використанням передових технологій, таких як Інтернет речей (IoT), можлива інтеграція всіх аспектів тепличного господарства для оптимальної продуктивності.

На ринку в даний час існує безліч варіантів автоматичних пристроїв керування, які можуть використовуватись і для теплиць [2]. Але, враховуючи важливість проблеми та особливості експлуатації, важливо, щоб для теплиць використовувався пристрій керування, що враховує особливості застосування.

На *рис.1* представлений варіант пристрою автоматизації – розроблений нами пристрій автоматичного управління тепличним господарством. Прилад зібраний на доступній елементній базі, має низьку собівартість порівняно з аналогами та достатню функціональність. В даний час проходять тестові випробування приладу в умовах реального тепличного господарства, за результатами яких буде прийнято рішення про впровадження його у виробництво.



Рис. 1. Зовнішній вигляд приладу автоматизації.

Центральним ядром системи є мікроконтролер STV32H723VE [3], заснований на високопродуктивному 32-бітному RISC-ядрі Arm® Cortex®-M7, що працює на частоті до 550 МГц, виробництва компанії STMicroelectronics [4].

Порівняно з існуючими на ринку прилад має такі переваги:

1. Кількість входів та виходів пристрою розрахована на побудову повністю автономної тепличної системи, з елементами поливу (можливо побудувати систему із застосуванням насосів та інших елементів автономної роботи). Входи та виходи – стандартні, розраховані на роботу з більшістю існуючих на даний час датчиків та виконавчих пристроїв.

2. Застосування високошвидкісних провідних і бездротових ліній зв'язку (WiFi, Bluetooth, RS485) дозволяє монтувати дані системи на великій площі, зв'язувати в єдину систему як окремі прилади, так і систему приладів (один прилад – майстер, інші – підлеглі).

3. Один блок дозволяє підключати додаткові модулі розширення, розраховані на велику кількість входів чи виходів. Схематично дані модулі (виконавчі елементи) не відрізняються від тих, що застосовуються в базовому блоці, мають такі ж параметри.

4. Наявність модуля WiFi дозволяє організувати віддалений контроль та керування як усією системою, так і окремими її модулями.

5. Гнучкість програмного забезпечення контролера, що дозволяє організувати різні види програмування, що реалізує різні види доступу пам'яті контролера і периферії, що функціонально наближає прилад до програмованих логічних контролерів (ПЛК). За наявності певних навичок та відповідного програмного забезпечення, можна запрограмувати будь-які стани входів та виходів, та будь-які реакції виходів на відповідний стан входів.

6. Застосування карти пам'яті, а також додаткових модулів пам'яті (мікросхеми FLASH SPI, FLASH I2C), крім програмних функцій, описаних вище, розширюють можливості приладу в плані обробки та збереження інформації – формування логів, установок, налаштувань відповідно до різних умов експлуатації.

7. Можливе оновлення прошивки контролера або програми за допомогою більшості інтерфейсів на базі пристрою – WiFi, USB, RS485, SD-CARD, CAN, FLASH SPI.

Таким чином, за допомогою даного пристрою є можливість забезпечити повне керування теплицею за мінімальної участі людини. Наприклад, ввівши в графік таблицю зростання рослин, аж до кожного дня та години, можна, залежно від дня місяця, встановлювати найбільш вигідні параметри освітлення, температурні параметри, вологість. Також можливо динамічно відстежувати та контролювати температуру та вологість, щоб мінімізувати втрати тепла та забезпечити оптимальний режим для рослин. Завдяки використанню пристрою система може оперативно реагувати на зміни погодних умов та підлаштовувати температуру всередині теплиці для максимального комфорту рослин. Такі автоматизовані тепличні господарства відіграють важливу роль у стійкому розвитку сільського господарства та забезпеченні продовольчої безпеки. Вони дозволяють сільськогосподарським підприємствам ефективно використовувати свої ресурси, такі як енергія та вода, скорочуючи їх втрати.

#### Список використаних джерел

1. Развитие тепличного хозяйства в Украине: возможности и риски для инвесторов. URL: [https://www.business-for-sale.com.ua/news/show\\_31032023\\_teplichnoe\\_hozyaystvo\\_v\\_ukraine\\_kak\\_investicionnyu\\_proekt.html](https://www.business-for-sale.com.ua/news/show_31032023_teplichnoe_hozyaystvo_v_ukraine_kak_investicionnyu_proekt.html). (дата звернення: 12.02.2024).

2. Контроллер для теплицы URL: <https://prom.ua/Kontroller-dlya-teplitsy.html>. (дата звернення: 12.02.2024).

3. High-performance and DSP with DP-FPU, Arm Cortex-M7 MCU with 512 Kbytes Flash, 564 Kbytes RAM, 550 MHz CPU, L1 cache, external memory interface, subset of peripherals. URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32h723ve.html>. (дата звернення: 12.02.2024).

4. STMicroelectronics: Our technology starts with you. URL: [https://www.st.com/content/st\\_com/en.html](https://www.st.com/content/st_com/en.html). (дата звернення: 12.02.2024).

**СТАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИПРОБУВАННЯ  
РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ НА НАДІЙНІСТЬ**

Зіад Карім Халіль Мохамед, Брехов Д. О.

Науковий керівник – асистент Махонін В.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПЕЕА

м. Харків, Україна

e-mail: [karim.ziad@nure.ua](mailto:karim.ziad@nure.ua), e-mail: [denys.brekhov@nure.ua](mailto:denys.brekhov@nure.ua)

The article discusses a program developed for simulating the reliability of radio-electronic equipment. It uses various mathematical modeling methods to study system reliability, focusing on specific system variants. The program, based on a database of failure intensity data, allows for testing and evaluating reliability parameters under different conditions. It's beneficial for students working on projects and for conducting scientific research.

Для моделювання випадкових процесів надійності досить розповсюдженим є так званий метод Монте-Карло. Він дозволяє реалізовувати універсальні алгоритми, що охоплюють велику кількість варіантів системи і дозволяє визначити всі основні характеристики надійності. Але в інженерній практиці це не завжди виправдано, тому що зазвичай при проектуванні реальних систем розглядають обмежену кількість варіантів системи і, як правило, цікавляться не всіма показниками надійності.

Універсальний алгоритм скласти досить складно: він виходить громіздким, важко піддається налагодженню і потребує великих витрат машинного часу. Тому часто зручніше мати набір більш простих алгоритмів, кожен із яких призначений для дослідження певного класу систем.

Для складання алгоритмів обов'язково знати основні засади роботи певного типу ЕОМ та її програмного забезпечення.

В даний час основними, найбільш розповсюдженими способами математичного моделювання процесів надійності при функціонуванні систем є: 1)  $\Delta t$ -спосіб; 2) спосіб, заснований на формуванні та аналізі моментів переходу системи зі стану в стан; 3) комбінований спосіб, що поєднує два перших.

Програма імітаційного моделювання надійності може бути використана для оцінки параметрів надійності виробів радіоелектронної техніки у різних умовах виробництва та експлуатації. Основне меню програми містить такі розділи: "Синтез об'єкта", "Вибір факторів", "Моделювання випробування", "Обробка результатів випробування", "Виведення результатів моделювання", "База даних".

Основу програми становить розділ «База даних», в якому міститься інформація про інтенсивність відмов елементів та модулів, які містять або може містити пристрій, поправочні коефіцієнти, що враховують умови експлуатації, та вплив технологічних факторів. Дані про інтенсивність відмов наведені за групами (наприклад: резистори, транзистори, мікросхеми тощо) і містять мінімальні середні та максимальні інтенсивності відмов кожного елемента. База даних побудована таким чином, що є можливість її

редагування та доповнення при введенні відповідного пароля. У цьому випадку пароль необхідний, щоб унеможливити несанкціоноване втручання в роботу програми.

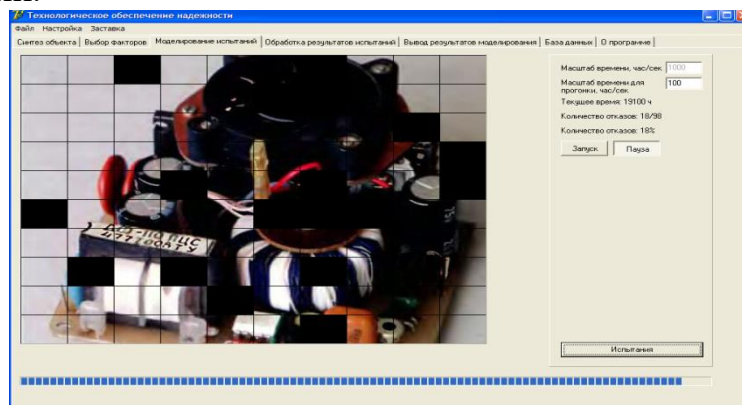


Рисунок 1 – Моделювання випробовувань

Основні аналітичні обчислення та взаємодія з базою даних відбуваються в розділі програми «Моделювання випробовувань». Зовнішній вигляд вікна цього розділу, наведено на рис 1.

Розділ «Обработка результатов испытаний» дозволяє одержати в зручному для аналізу виді результати моделювання. При активізації відповідних частин програми можна отримати як теоретичний так і практичний розподіл ймовірності безвідмовної роботи. Зовнішній вигляд одного з можливих вікон розділу «Обработка результатов испытаний» наведена на рис 2.

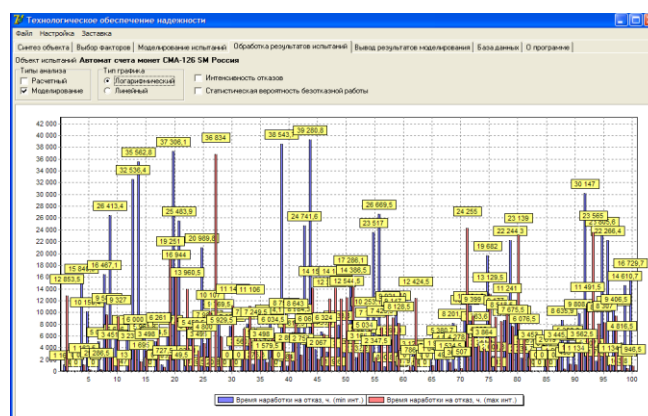


Рисунок 2 – Оброблені результати випробовувань

Розроблена програма може бути використана як в лабораторному практикумі, курсовому та дипломному проектуванні, а також при проведенні певних наукових досліджень.

Список використаних джерел:

1. Sreenuch T, Alghassi A, Perinpanayagam S, Xie Y. ProbabilisticMonte-Carlo method for modelling and prediction of electronics component life. International Journal of Advanced Computer Scienceand Applications. 2014
2. Sangwongwanich A, Blaabjerg F. Monte Carlo simulation with incremental damage for reliability assessment of power electronics. IEEE Transactionson Power Electronics 7. 2020, 36p
3. Ostojić ĐĐ, Pokorni SJ, Rakonjac PI, Brkić DM. Accuracy of reliabilitycal culated by the Monte Carlo simulation method. Vojnotehničkiglasnik. 2012;60(4):47-58pp.



**МОДЕЛЮВАННЯ ТА СИМУЛЯЦІЯ**

Зуєва А. Д.

Науковий керівник – зав. каф. ПЕЕА, проф. Хорошайло Ю.Є.  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПЕЕА  
м. Харків, Україна  
e-mail: [alona.zuieva@nure.ua](mailto:alona.zuieva@nure.ua)

In today's academic environment, modeling and simulation (M & S) play a critical role in learning and research for science and engineering students. A fundamental concept at M&S is simulation, which creates an approximation of the real world, and this is the first step in the process. This approach allows modification and improvement of models, ensuring repeatability of observations and analysis of systems in various aspects.

В сучасному академічному середовищі моделювання та симуляція (M & S) відіграють вирішальну роль у навчанні та дослідженнях для студентів наукових та інженерних напрямків. Фундаментальним поняттям в M&S є моделювання, що створює наближення до реального світу, і це є першим кроком у процесі. Такий підхід дозволяє модифікувати та вдосконалювати моделі, забезпечуючи повторюваність спостережень та аналіз систем у різних аспектах.

Нижче розглянуто цикл процесу розробки M & S. Існують чотири фази циклічного руху: етап моделювання, коду, виконання та аналізу.

Технології моделювання. Статистичне моделювання, агентне моделювання, системна динаміка, дискретно-подієве моделювання та багато інших підходів можуть бути застосовані в ролі технологій моделювання. Вибір конкретної парадигми залежить від характеру системи та цілей дослідження. Людина повинна мати глибоке розуміння різних системних класів для вибору найкращого підходу та представлення системи.

Для прикладу використано моделювання у сфері авіоніки. Технології моделювання для авіації включають у себе різноманітні програмні та апаратні засоби, які дозволяють інженерам та дослідникам ефективно розробляти, тестувати та оптимізувати повітряні судна та пов'язані системи. Комп'ютерні програми можуть моделювати поведінку повітря навколо літака, що дозволяє інженерам оптимізувати форму крила, хвостової частини та інших елементів для покращення ефективності та маневреності.

Технології розробки. Розробка симуляції - це процес, в ході якого розробляється програмне забезпечення, що передбачає виконання дизайн-проекту.

Для цього написаний комп'ютерний код, який втілює алгоритмічне відтворення математичних тверджень та логічну побудову моделі. Цей етап M&S використовує принципи та інструменти програмної інженерії.

У сфері авіоніки, застосовується для розробки та тестування програмного забезпечення, що використовується в бортових системах літаків. Це охоплює велику кількість процесів, включаючи аналіз вимог, проектування системи, розробку програмного коду, тестування, валідацію та верифікацію. Принципи програмної інженерії забезпечують, щоб програмне забезпечення працювало надійно, ефективно та відповідало вимогам безпеки авіаційної індустрії.

Обчислювальні технології. Проводиться моделювання для отримання даних щодо продуктивності системи. Для простих симуляцій це може включати написання коду моделі на персональному комп'ютері, а для складних симуляцій - розгортання коду у розподіленому, багатопроцесорному або багатокомп'ютерному середовищі, де різні обчислювальні блоки з'єднані через високошвидкісну комп'ютерну мережу.

У сфері авіоніки застосовуються такі технології обчислення, як вбудовані системи, автопілоти, алгоритми управління, комп'ютерні симуляції політів, технічне зорове визначення, а також машинне навчання для прогнозування та аналізу даних.

Аналітичні технології. Під час цього етапу циклу M&S проводиться аналіз початкових даних з метою отримання потрібної інформації щодо продуктивності, яка була основним об'єктом дослідження M&S. Якщо модель містить змінність та невизначеність, тоді для аналізу, ймовірно, знадобиться використання методів ймовірності та статистики. У випадку коли основною метою дослідження є оптимізація продуктивності, застосовуються відповідні методи оптимізації для аналізу результатів моделювання.

Аналіз даних моделювання у сфері авіоніки включає в себе дослідження вихідних даних моделі, щоб отримати важливу інформацію про ефективність авіаційних систем. Цей аналіз може враховувати різноманітні фактори, такі як продуктивність двигунів, паливну ефективність, навігаційні параметри та безпеку польотів.

Моделювання та симуляція дозволяють економити час і кошти, відтворюючи реальні умови або явища в віртуальному середовищі.

#### Список використаних джерел:

1. Sokolowski John A., Catherine M. Banks. Modeling and Simulation Fundamentals: Theoretical Underpinnings and Practical Domains. 2020.

УДК 621.391.822:621.382.029.62

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ШУМУ ГЕНЕРАТОРІВ НВЧ

Кожевникова В.Г.

Науковий керівник - старший викладач каф ПЕЕА Григор'єва О.В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПЕЕА

м. Харків, Україна

e-mail: [valeriia.kozhevnykova@nure.ua](mailto:valeriia.kozhevnykova@nure.ua)

This work is devoted to modern microwave generators, which compete with electrovacuum microwave generators due to their advantages, such as high-power output, design simplicity, and reliability. However, they also have a high noise level, which consists of fluctuation noise, modulation noise, and thermal noise. This paper investigates the physical basis of these noises, including the interaction of carriers with a high-frequency field and nonlinear effects. A diode-type oscillator using a cylindrical resonator and a Tesla VB 0234 diode was experimentally designed and manufactured, and the output spectrum of the oscillator was obtained for different resonator quality factors.

Сучасні генератори НВЧ забезпечують досить велику вихідну потужність в безперервному режимі і таким чином можуть скласти значну конкуренцію електровакуумним мікрохвильовим генераторам, особливо там де потрібна конструктивна простота та надійність.

Крім високої продуктивності, діодні генератори мають багато інших переваг: наприклад невеликі габарити, висока надійність, не вимагають високовольтного джерела живлення та інше. Однак їх значним недоліком є досить високий рівень шуму.

Шум будь якого генератора зазвичай можна охарактеризувати як шум флуктуації амплітуди - АМ шум (шум що характеризує співвідношення потужності бічної смуги АМ до потужності на основній частоті коливань) і коливання частоти - шум FM (зазвичай виражається як прямий вплив на частоту коливань, спричинений шумом).

Перше, і як показує практика, домінуюче джерело шуму є так званий флуктуаційний шум. З фізичної точки зору виникнення цього шуму може бути наступним.

Як відомо, негативний опір лавинного діода базується на взаємодії носіїв, що генеруються в шарі розмноження, з полем високої частоти. Цей лавиноподібний процес розмноження зазвичай супроводжується значними флуктуаціями. Причиною цього є те, що коефіцієнт розмноження носіїв є імовірнісною змінною.

Процес іонізації не є детермінованим процесом, оскільки лише в середньому вірно, що початкова електрон-діркова пара створює іонізацію. Існують електронно-діркові пари, які просто не викликають іонізації, але є

й такі, які створюють більше однієї іонізації, тому час між двома елементарними іонізаціями також є випадковим процесом.

Іншим важливим джерелом шуму в лавинному діоді є так званий модуляційний шум, домінуюча частотна складова якого трансформується в діапазон низьких частот.

Низькочастотний шум в основному може надходити від двох первинних джерел: від низькочастотного шуму лавинного діода; коливання постійного струму ланцюга живлення.

Внаслідок нелінійності лавини цей низькочастотний шум може викликати низькочастотний шум під несучої шумовою модуляцією за часом і таким чином призвести до збільшення загального вихідного шуму генератора.

Третім джерелом шуму лавинного діода є теплові шуми. Цей вид шумів досить детально розглянутий, як для низькочастотних, так і для високочастотних напівпровідникових пристроїв.

Як теоретичні розрахунки, так і практика використання генераторів НВЧ показує, що тепловий шум у порівнянні до перших двох джерел шуму, малий.

Для експериментальних досліджень було спроектовано та виготовлено ГЛПД з використанням циліндричного резонатора та діода Tesla VB 0234. Вихідний спектр генератора, отриманий експериментально для двох різних коефіцієнтів добротності резонатора наведено на рис. 1 та 2

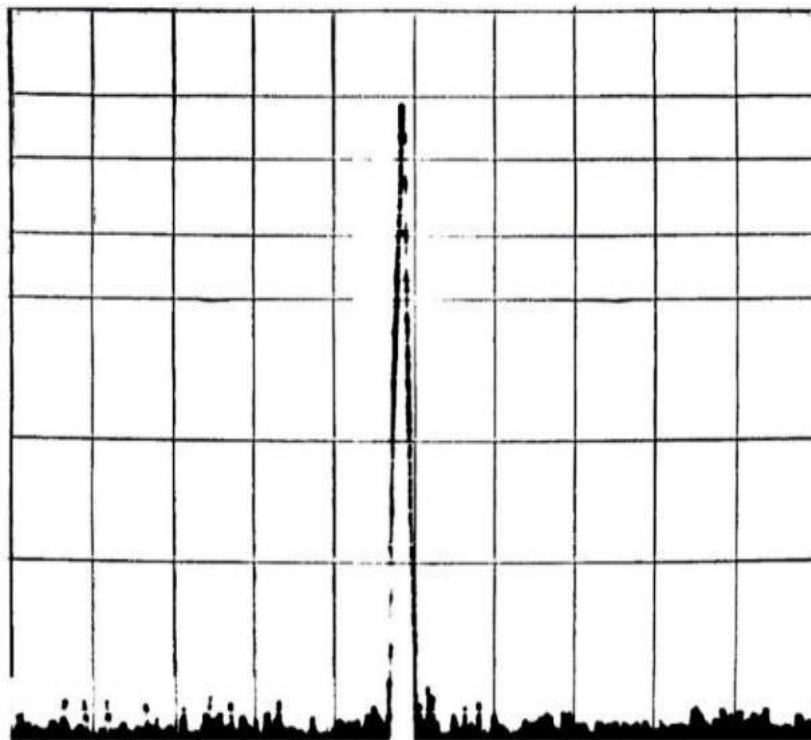


Рис. 1. Спектр ГЛПД при добротності резонатора  $Q=550$

Такі характеристики були одержані за допомогою спеціально розробленого частотного та амплітудного дискримінатора для трансформації спектру в робочий діапазон низькочастотного аналізатора коливання генератора.

Як і можна було передбачити, навантажена добротність суттєво впливає на ширину спектру коливань генератора і збільшується від 0,4 мГц до 0,8 мГц по мірі зменшення добротності від 550 до 300.

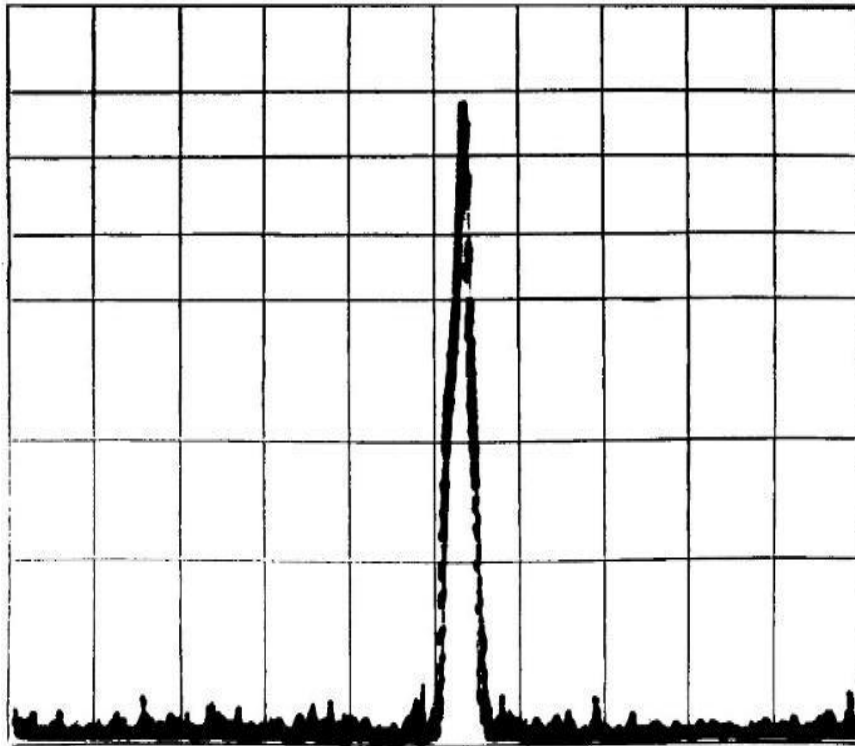


Рис.2. Спектр ГЛПД при добротності резонатора  $Q=300$

У разі підвищення добротності, як і слід було очікувати, ширина спектра генератора зменшується, що дає можливість вважати це одним із ефективних та природних способів зниження рівня шуму генераторів.

Список використаних джерел:

1. Осадчук О. В., Семенов А. О. Математичне моделювання генератора НВЧ на основі транзисторної структури з від'ємним опором // Вісник Хмельницького національного університету. 2005. №4. Ч.1, Т.2. С. 256–259.
2. Misawa T. Multiple uniform lagger approximation in analysis of negative resistance in p-n junction in breakdown. IEEE Tran. Electron Devices Vol. ED-14 1967. P. 795-808.

## РОЗРОБКА ДИСКРИМІНАТОРА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФЛУКТУАЦІЙ ГЕНЕРАТОРІВ НВЧ

Кудря Т. К.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Меньяло О.Д.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПЕЕА,  
м. Харків, Україна

e-mail: [tymur.kudria@nure.ua](mailto:tymur.kudria@nure.ua).

This work is devoted to the development of a discriminator design for studying fluctuations of microwave generators. Improving designs for the study of radio signals, their noise characteristics, and the like, is a very urgent task even in present time. This report examines the concept discriminator, its models, designs and purposes of various resonators and a description of the finished device. The developed frequency discriminator can be used in both high-frequency and low-frequency systems, such as automatic frequency tuning systems, measurement systems and radio signal research, as well as for certain scientific research.

Частотні дискримінатори широко використовуються як в високочастотних, так і в низькочастотних системах, наприклад в системах автоматичного налаштування на робочу частоту, вимірювальних системах, при дослідженнях радіо сигналів, зокрема їх шумових характеристик, та тому подібне. Їх призначення полягає у вимірюванні сигналу неузгодженості та перетворення його на постійну або змінну напругу. Вихідні напруги частотних дискриміраторів залежать від перехідної частоти. При цьому використовуються різноманітні конструктивні та схемні рішення.

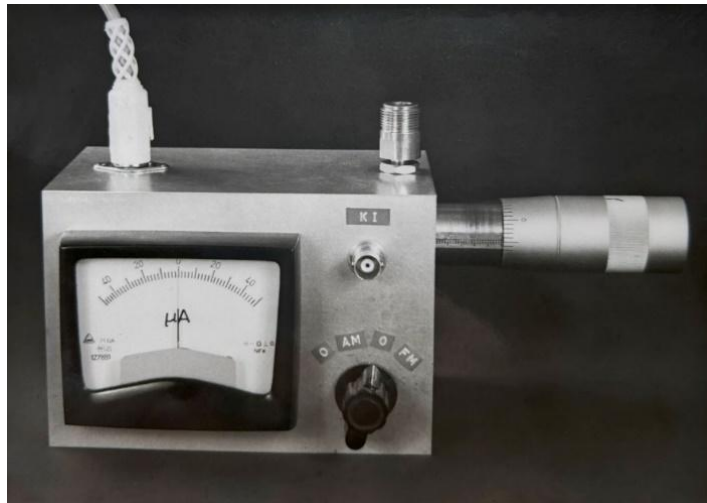
Найчастіше для побудови дискриміраторів використовується модель на розстроєних контурах. На надвисоких частотах для побудови дискриміраторів, як правило, використовують різноманітні резонатори. Вони базуються на принципі резонансу, коли об'ємний резонатор (зазвичай циліндричної або прямокутної форми) здатний посилювати амплітуду звукових хвиль при певній частоті.

Існує велика кількість конструкцій об'ємних резонаторів різноманітного призначення, зокрема для використання в генераторах, підсилювачах, фільтрах, для вимірювання параметрів матеріалів, для технологічних установок НВЧ енергетики та таке інше. Геометричну форму резонатора і тип коливань обирають виходячи з технологічності виготовлення резонатора, можливості настройки, отримання максимальної добротності і бажаної конфігурації поля.

Важливою перевагою використання об'ємних резонаторів у дискримінаторах є їх висока чутливість і широкий діапазон робочих частот. Це дозволяє вимірювати зміни частоти великого діапазону сигналів НВЧ, що робить їх універсальними для різноманітних застосувань.

Найпростіші резонатори являють собою відрізки регулярної лінії передачі довжиною половина, або четверть довжини хвилі, розімкнені або короткозамкнені на кінці. Резонатори на основі порожнистих хвилеводів переважно виконують на основі хвилеводів прямокутного або циліндричного перерізу. В нашому випадку ми використали циліндричний резонатор, що працює на подвійному типу хвилі TE<sub>111</sub>.

Зовнішній вигляд дискримінатора для вимірювального пристрою для аналізу флукуаційних властивостей генераторів НВЧ представлено на рисунку 1.



Рисунк 1 – Зовнішній вигляд розробленого дискримінатора

Цей пристрій був спроектований та виготовлено його експериментальний лабораторний зразок. Пристрій має компактний корпус, який виготовлений з металу, що робить його завадостійким. На його передній панелі розміщено індикатор налаштування на необхідну частоту вхідного сигналу за допомогою плунжера короткого замикання циліндричного резонатора, вихідний роз'єм та перемикач комутації вихідних діодів для вимірювання АМ або FM компонентів. На вхідний роз'єм цього пристрою подавався сигнал НВЧ, що аналізується, а до вихідного роз'єму підключався низькочастотний аналізатор спектру, який обробляв вихідний сигнал від детектора та перетворював його відповідно до потреб вимірювань.

З використанням цього пристрою проводились дослідження флукуаційних властивостей ГЛПД. Приклад FM шумового спектру, отриманого таким чином наведено на рисунку 2.

Як видно з цих світлин, шум генератора, що аналізується має експоненційний характер та зменшується по мірі відходу від несучої частоти. В подальшому рівень шуму стабілізується.

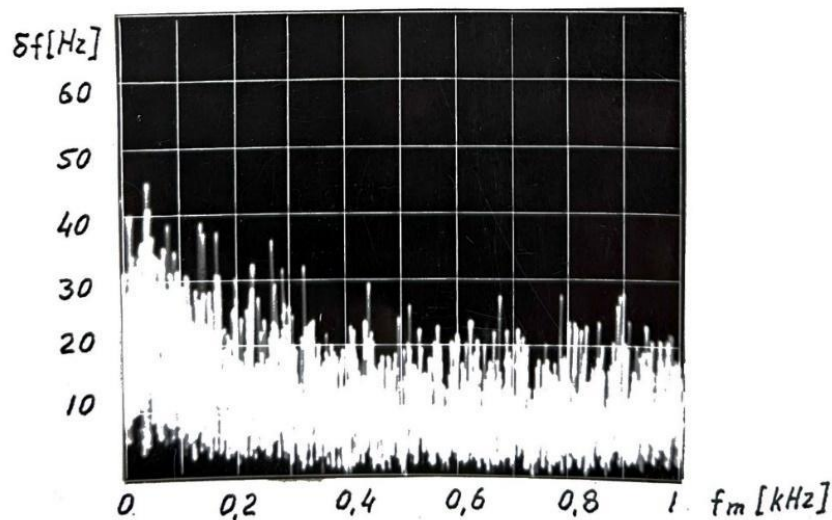


Рисунок 2 – FM компоненти шуму ГЛПД при ширині полоси пропускання НЧ аналізатора спектру 90 Гц

Аналізуючи такі спектри, можна зробити ряд висновків по зменшенню рівня шуму, або в певних випадках (наприклад при розробі шумових генераторів) його підвищенню.

Порівняння теоретичних та практичних результатів, отриманих в роботі, дає можливість говорити про їх задовільну кореляцію. Розроблений частотний дискримінатор, хоча і потребує певного налагодження, але досить простий в конструктивному виконанні та може бути використаний як в системах автоматичного підстроювання частоти, так і для певних наукових досліджень.

Список використаних джерел:

1. Малишев О. А., Сосунов О. О, Яхніс С. В. Дослідження впливу нестабільностей параметрів частотного дискримінатора на розстроєних контурах на показники якості роботи системи АПЧ оглядових РЛС за допомогою simulink-моделі. Харків : ХУПС, 2011. 35 с.
2. Нетрадиционные методы и средства радиолокации / Ерёмка В. Д. и др. Харьков : ПЦ «В лавке», 2015. 315 с.
3. Бестоковая перестройка и стабилизация частоты автоколебаний клинотрона терагерцового диапазона / Безгина И. П. и др. // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2015. Т. 23, № 6. С. 47–60. DOI
4. Келин Т. Характеристики цифровой системы ФАПЧ / Т. Келин, Д. Супонников // Радио. 2002. № 9. С. 5, 45-46.



**ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ 3D ДРУКУ ПРИ  
ВИРОБНИЦТВІ БПЛА**

Небрат В.В., Гусак О.А., Посвалюк М.В.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Ключник І.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.

ПЕЕА

м. Харків, Україна

e-mail: [viacheslav.nebrat@nure.ua](mailto:viacheslav.nebrat@nure.ua).

The report examines the challenges of using 3D printing in the production of unmanned aerial vehicles (UAVs). Emphasis is placed on the significant time and cost expenditures associated with this technology, as well as the high production costs. The research also highlights the unstable quality of the products, which poses risks and additional material and time expenses for manufacturers. Shedding light on these aspects will aid in understanding and managing the problems associated with using 3D printing in UAV production.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА), відомі як дрони, зазнали стрімкого зростання застосування у різних галузях промисловості, включаючи нагляд, сільське господарство та послуги доставки, різних вантажів, різного призначення. Завдяки розвитку технологій, зокрема адитивних технологій або 3D друку, зросло зацікавлення у використанні цієї технології у виробництві БПЛА. Хоч 3D друк має безліч переваг, таких як гнучкість дизайну та швидке прототипування, він також стикається з певними проблемами, які потребують ретельного врахування.

Одним із основних викликів, пов'язаних з 3D друком у виробництві БПЛА, є значні витрати часу. На відміну від традиційних методів виробництва, які можуть включати масові процеси виробництва, 3D друк часто передбачає накладання матеріалу шар за шаром, що призводить до подовження часу виробництва. Тривалість виробничого процесу може вплинути на графіки проектів та затримати доставку продукції, що може бути неможливим у виробництві, яке потребує швидкості.

Крім того, високі витрати, пов'язані з 3D друком, ускладнюють поширення цієї технології у виробництві БПЛА. Початкові витрати на обладнання та матеріали можуть бути значними, особливо для дрібносерійних підприємств. Крім того, витрати на одиницю продукції виготовленої за даною технологією можуть бути вищими порівняно з традиційними методами виробництва, що додатково вносить економічні виклики для виробників. Також проблематизується багатосерійне виробництво, яке вимагає вибудови ферм 3D друку.

Крім витрат часу і грошей, які вимагає 3D друк, якість виробів, виготовлених за допомогою цієї технології, може бути нестабільною, що створює ризики для продуктивності та надійності БПЛА. Відхилення у параметрах друку, властивостях матеріалів та методах постобробки можуть призводити до дефектів або структурних слабкостей у надрукованих деталях. Вирішення цих проблем якості потребує ретельних випробувань та перевірок, що додає складності та додаткових витрат часу до виробничого процесу.

Більше того, непередбачувана природа результатів 3D друку вимагає уважного контролю та налагодження протягом всього виробничого процесу. Виробники повинні інвестувати ресурси у засоби контролю якості, щоб впевнитись, що надруковані деталі відповідають вимогам та стандартам продуктивності. Недолік вирішення проблем якості може призвести до відмов у роботі, збільшених витрат на обслуговування та збитків репутації для виробників БПЛА.

Хоч 3D друк відкриває великі можливості для інновацій та індивідуалізації у виробництві БПЛА, він також постає перед значними викликами, які потрібно ретельно прораховувати. Враховуючи витрати часу, високі витрати виробництва та проблеми з якістю, пов'язані з 3D друком, виробники можуть розробляти стратегії для пом'якшення ризиків та оптимізації використання цієї технології у виробництві БПЛА.

Для серійного виробництва пластикових деталей може бути більш доцільним використання класичних технологій виробництва, таких, як виробництво деталей за допомогою термопластавтомату, або відливання деталей у форми з реактопластів.

Крім того, потрібні подальші дослідження та розробки для вирішення цих викликів та розкриття повного потенціалу всіх технологій формоутворення у виробництві безпілотних літальних апаратів.

#### Список використаних джерел:

1. Небрат В. В. Оцінка точності виготовлення деталей за технологією 3D-друку // Вісник НТУУ КПІ. 2024.
2. Галкін П. В. Аналіз моделей та оптимізації збору інформації в бездротових сенсорних мережах // ВосточноЕвропейский журнал передовых технологий. 2014. Т. 5, №9 (71). С. 24-30.
3. Пат. 100463 Україна. Спосіб збору інформації в бездротовій сенсорній мережі / Галкін П. В., Ключник І. І. ХНУРЕ. 2015.
4. [Електронний ресурс] URL: <https://all3dp.com/2/cartesian-3d-printer-delta-scara-belt-corexy-polar/>

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВПЛИВІВ НА МІКРОСТРУКТУРОВАНІ ОПТИЧНІ ВОЛОКНА

Туз В.П.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Чумаков В.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП  
м. Харків, Україна

e-mail: [vasyl.tuz@nure.ua](mailto:vasyl.tuz@nure.ua)

Today, there are a large number of fiber optic cables research methods and their elements for resistance to mechanical influences. But these methods have a number of disadvantages for their application in the microstructured optical fibers control. First of all, this is related to the complex geometric structure of microstructured optical fibers, as well as their specific optical characteristics. This work is devoted to the study of mechanical effects on the optical-geometric parameters of microstructured optical fibers.

Мікроструктуровані оптичні волокна (МОВ), завдяки своїй специфічній структурі поперечного перетину, мають унікальні властивості не притаманні стандартним одномодовим або багатомодовим оптичним волокнам. Тому вже зараз очевидні перспективи використання МОВ у якості різноманітних елементів функціональної електроніки: компенсаторів дисперсії, оптичних підсилювачів, перемикачів, мультиплексорів, демультиплексорів тощо.

На етапі технологічного процесу виготовлення МОВ, а також під час їх експлуатації, оптичні волокна піддаються різноманітним зовнішнім впливам. Це можуть бути кліматичні впливи (підвищена і знижена температури, вологість), а також механічні впливи (розтягування, вигин, скручування, поперечний тиск тощо). Такі впливи негативно відображаються на оптичних характеристиках волокон, знижуючи якість передачі сигналу і призводячи до нестабільної роботи пристроїв. Тому виникає необхідність контролювати механічні впливи, особливо на етапі виробництва МОВ.

На рис. 1 подана класифікація основних видів механічних впливів на МОВ. Умовно механічні впливи можна розділити на три категорії:

- поздовжні впливи, такі як розтягування чи ривок, що призводять до деформації МОВ у вигляді видовження або навіть розриву;
- поперечні впливи, які можуть викликати змінення діаметру МОВ під дією зовнішнього тиску або удару;
- осьові впливи, такі як скручування МОВ навколо своєї осі, або вигини (циклічні, знакозмінні).

На сьогодні існує велика кількість методів досліджень волоконно-оптичних кабелів і їх елементів на стійкість до механічних впливів, які регламентуються Міжнародною електротехнічною комісією (МЕК).

Наприклад, це методи випробувань волоконно-оптичних кабелів, що проводяться відповідно до МЕК 60794-1-2.

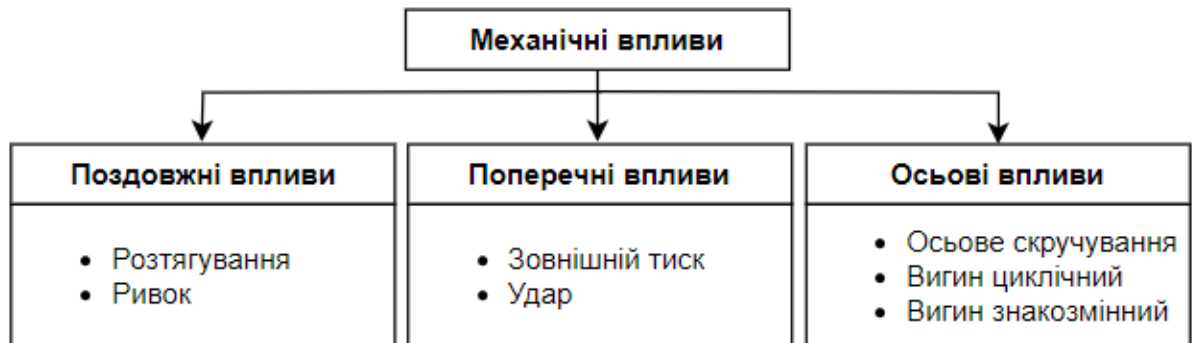


Рисунок 1 – Класифікація механічних впливів на МОВ

Сучасні методи, які використовуються для контролю стандартних оптичних волокон мають низку недоліків для застосування їх для контролю мікроструктурованих оптичних волокон. Насамперед це пов'язано зі складною геометричною структурою МОВ, а також з їх специфічними оптичними характеристиками.

Тому подальші дослідження направлені на вирішення важливого та актуального науково-прикладного завдання з розробки методів та засобів контролю механічних впливів на оптико-геометричні параметри мікроструктурованих оптичних волокон.

#### Список використаних джерел:

1. Д. В. Іоргачев, О. В. Бондаренко. Волоконно-оптичні кабелі і лінії зв'язку. Навч. посібник, Еко-Трендз, 2002, 282 с.
2. Чумаков, В. І., Харченко, О. І., Побережний, А. А. (2022) "Using of the Noise as Signal Enhancement Factor in Nonlinear System", *Visnyk NTUU KPI Serii A - Radiotekhnika Radioaparaturbuduvannia*, (89), pp. 5-10.
3. A. I. Filipenko and O. V. Sychova, "Research of misalignments and crosssectional structure influence on optical loss in photonic crystal fibers connections," (2013) *International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers*, Sudak, Ukraine, 2013, pp. 85-87. doi: 10.1109/CAOL.2013.6657536.
4. Filipenko O., Sychova O., Ponomaryova A., (2015) "Optical losses at angle relative rotation in photonic crystal fiber connections," *2015 Second International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine, 2015, pp. 104-107. doi: 10.1109/INFOCOMMST.2015.7357283.
5. Filipenko, O., Sychova, O., Novoselov, S., "Modeling, decision support, and software for automated positioning of photonic crystal fiber, " (2024) In *Sixteenth International Conference on Correlation Optics. SPIE*. 2024, Vol. 12938, pp. 21-24. doi 10.1117/12.3008982.

**УДК 53.06:[621.37/39+004.3+681.2]**

**ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ В РАДІОЕЛЕКТРОНІЦІ,  
КОМП'ЮТЕРНІЙ ТЕХНІЦІ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

УДК 504.5:334.716

## ПЕРСПЕКТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Александров І.О.

Науковий керівник - кандидат фіз-мат.наук, доц. Калінін В.В.  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.фізики  
м. Харків, пр.Науки, 14  
e-mail: [ivan.aleksandrov@nure.ua](mailto:ivan.aleksandrov@nure.ua)

Simultaneous decision of some problems of ecology and receipt of endless electric energy source conditioned by successes of humanity with a receipt, maintenance and use of the guided thermonuclear reaction. Separate and incorporated efforts of leading countries are examined in this direction. The brought comparisons over of achievements at the use of different types construction of reactors at the level of the last year. It is marked that the tasks of long duration maintenance of nuclear reaction are possible only by means of artificial intelligence.

Сучасний технічний прогрес зіткнувся з екологічною проблемою виживання людства в умовах спалювання вугілля, природного газу, нафти та інших вуглецевих речовин, що призводить до збіднення атмосфери киснем, зростання її температури та загального забруднення. Задачі виробництва технологічно-чистої енергії, які розглядала Всесвітня кліматична конференція “COP-26” у 2021 році, вперше поповнились темою керованого термоядерного синтезу легких елементів.

Для розуміння всього ланцюга процесів, що лежать в основі одержання електроенергії за рахунок промислового використання енергії керованої термоядерної реакції злиття ядер ізотопів водню в ядра атому гелію, треба згадати, що ядра атомів мають одноіменний позитивний заряд і тому відштовхуються. Подолати відштовхування з подальшим злиттям можливо тільки при лобових зіткненнях пар ядер, наприклад дейтерію, коли вони знаходяться у стані високотемпературної, до кількох мільйонів Кельвінів, плазми з достатньою густиною іонів. Реакція злиття є екзотермічною. Дефект маси системи супроводжується збільшенням кінетичної енергії, яка передається ядрам гелію у вигляді теплового хаотичного руху частинок плазми, тобто підвищенням температури у сотню разів.

Виникає головне запитання – у якій печі можна отримати, ізолювати і довго утримувати таке вогнище? Відповідь – у тороїдальній камері – дала назву першому з можливих проєктів - ТО КАМ ак. Принцип роботи токамака нагадує звичайний трансформатор: на замкненому осерді знаходиться первинна обмотка, а замість вторинної використовується один

гвиток – тороїдальна камера, яка заповнена іонізованим воднем. Змінний струм у первинній обмотці породжує струм іонів у камері, а напрямлений струм у плазмі підігріває її, створює власне магнітне поле, яке діє на заряджені частинки так, що вони стискаються у кільцевий плазменний шнур, що не торкається стінок камери.

Стеларратор, як ще один прилад для досягнення заявленої мети, теж має серце у вигляді тороїдальної камери, але він не має осердя. Утримання плазменого шнура досягається зовнішніми магнітами на зверхпровідниках [2].

Термоядерну реакцію злиття можна запускати у лазерних конструкціях, коли на деяку мить досягається висока температура суміші газів з легких ізотопів шляхом фокусування в одну точку імпульсних потоків випромінювання, створеного великою кількістю лазерів [1].

Соціальний заказ планетарного масштабу на чисте необмежене джерело енергії спонукав до об'єднання зусиль усіх розвинутих країн у вигляді міжнародного договору 1992 року відносно будівництва у Франції біля Марселя термоядерного реактора типу токамак для подальшого промислового використання під назвою ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Вага конструкції  $23 \cdot 10^3$  тон, висота 30 метрів, об'єм плазми  $837 \text{ м}^3$ , діаметр тора 12,4 метрів, середня температура  $10^8$  Кельвін;

Унікальні частини токамака забезпечуються зусиллями вчених та матеріальними засобами країн Євросоюзу (45,6%), США, Китаю, Росії, Індії, Японії, Південної Кореї (по 9%), які виконують та забезпечують сплату грошей за свою частку запланованих робіт. Завершення будівництва сплановане на 2025 рік.

Всі ці країни одночасно виконують власні програми будівництва реакторів на своїх територіях, щоб здобути напрацювання використати у ITER. Фізики Массачусетського технологічного інституту в рамках програми створення компактного токамака SPARC з перспективою одержання на ньому від 250 до 1000 мегават електроенергії досягли на зверх провідниках рекордних значень магнітного поля у 20 Тесла, що на порядок перевищує одержання будь-коли раніше. Південна Корея для токамака KSTAR створює віртуальний світ модулювання, налаштування та керування. Штучний інтелект знаходить застосування в дослідках на токамаках Принстонської лабораторії (США) у випадку миттєвого встановлення зв'язку між усіма даними для оптимізації параметрів в реакції синтезу.

У рамках глобального наукового експерименту ITER рекордних значень параметрів у 2021 році досягли фізики Китаю у зверх провідному приладі токамак EAST, коли протягом 101 секунди утримували

температуру 120 мільйонів градусів, а температуру 160 мільйонів градусів вдалося утримати 20 секунд.

Роботу реактора системи стеларратор більше десяти років досліджують вчені Японії. Ще у 2010 році стабільне утримання плазми низької густини у їх експериментах перевищувало 40 хвилин. Але з'ясувалося, що за рахунок великих теплових втрат стеларратори програють токамакам. Модернізований стеларратор Wendelstein 7-X, з новою системою охолодження, побудований в Інституті фізики плазми ім. Макса Планка (Німеччина), дозволить використовувати стеларратори на рівні з токамаками.

Дивовижні новини відносно лазерного термоядерного синтезу прийшли з США. 8 серпня 2021 року вчені Ливерморської лазерної лабораторії досягли термоядерної реакції рекордної потужності виходу енергії: за 100 трильйонних часток секунди виділено 1,3 мега джоулів. Потоки випромінювання 192 потужних лазерів, сфокусовані на кульку (радіус якої дорівнює радіусу волосини людини), яка заповнена сумішшю дейтерію та тритію, створили стиснення та нагрів, що спричинили термоядерну реакцію, яка звільнила більше ніж 10 квадрильйонів ватт потужності. Такі експерименти розширюють можливості порівнювального моделювання умов гарячої плазми.

Враховуючі все вищесказане, можна зробити висновок, що термоядерні реактори у майбутньому замінять ядерні реактори, яких у сучасному світі нараховується 411 одиниць [3], і вони залишають після себе радіоактивні відходи, тому зона їх розташування стає непридатною для використання строком від десятків до сотні років. Щодо теплових електростанцій, які витрачають ресурси що не відновлюються, стверджується: вони руйнують озоновий шар. Гідро електростанції змінюють, або навіть руйнують екосистему.

Список використаних джерел:

1.Прорив у ядерному синтезі: що це означає для майбутнього енергетики.

URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-60318751>

2. Термоядерна енергія – вільна енергія майбутнього.

URL: <https://www.uatom.org/termoyaderna-energiya-vilna-energiya-majbutnogo>

3. Ядерна енергетика: яку частку у виробництві електроенергії займає у країнах світу.

URL: <https://www.slovoidilo.ua/2022/12/12/infografika/svit/yaderna-enerhetyka-yaku-chastku-vyrobnycztvi-elektroenerhiyi-zajmaye-krayinax-svitu>



УДК 53.06:[681.84:004.04]

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОПТИЧНОГО ЗАПИСУ В МЕДИЦИНІ, ТА ВИВЧЕНІ НЕВРОЛОГІЇ

Алпатов Ф. В.

Науковий керівник - к.т.н., доцент Чубукін О.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики,  
м. Харків, Україна

e-mail: [fedir.alpatov@nure.ua](mailto:fedir.alpatov@nure.ua)

This work examines the use of optical recording technologies in medicine. The use of optical recording technologies in neurobiology and neurophysiology, the basic principles and types of optical technologies used are considered. Advantages of optical technologies over other technologies used in the study of electrical activity in the central nervous system. Methods of studying prepared samples in neurology. The use of photoacoustic or optoacoustic imaging in the detection of medical diagnoses. The basic principle of operation of the photoacoustic image is considered.

У розвитковій нейробиології та нейрофізіології виникла фундаментальна проблема у розумінні еволюції просторового упорядкування електричної активності в центральній нервовій системі (ЦНС). Ранні ембріональні клітини та процеси у ЦНС дуже малі та вразливі, тому технічно дуже складно або навіть неможливо їх досліджувати за допомогою мікроелектродів.

Однак за використанням фарб (барвників), чутливих до напруги, та введенням Кремнієвих багатоелементних фотодіодних матриць вдалося створити потужні методи для вивчення динаміки зразків нейроактивності у великій кількості організмів, включаючи хребетних та безхребетних. Такі методи дозволяють одночасно реєструвати електричну активність з різних областей на одній експериментальній установці.

Методи оптичного запису в медицині займають менше часу, дозволяють проводити дослідження на мікрометровому рівні, є менш інвазійними та більш інноваційними в порівнянні з їх попередниками які базувалися на різних конструкціях електродів для інвазійного вимірювання напруги в нейронах. До того ж використання оптичного запису на основі чутливих до напруги барвників не мають фармакологічної та фототоксичної дії, що є великою перевагою.

Один з методів оптичного запису використовуваного в медицині є фотоакустичне або оптоакустичне зображення - це метод біомедичної візуалізації, заснований на фотоакустичному ефекті.

Фотоакустичне зображення поєднує в собі переваги оптичного збудження та акустичного детектування та пропонує унікальне поєднання однозначного молекулярно-специфічного контрасту та високої просторової роздільної здатності.

Записаний сигнал складався з сигналу, який знаходиться у фокусі на фокусній площині, та розмитих сигналів, які знаходяться поза фокусом, з інших частин препарованого зразку. Оптичні сигнали одночасно записувалися з кількох місць у межах області зображення за допомогою фотодіодного масиву 12 × 12 елементів.

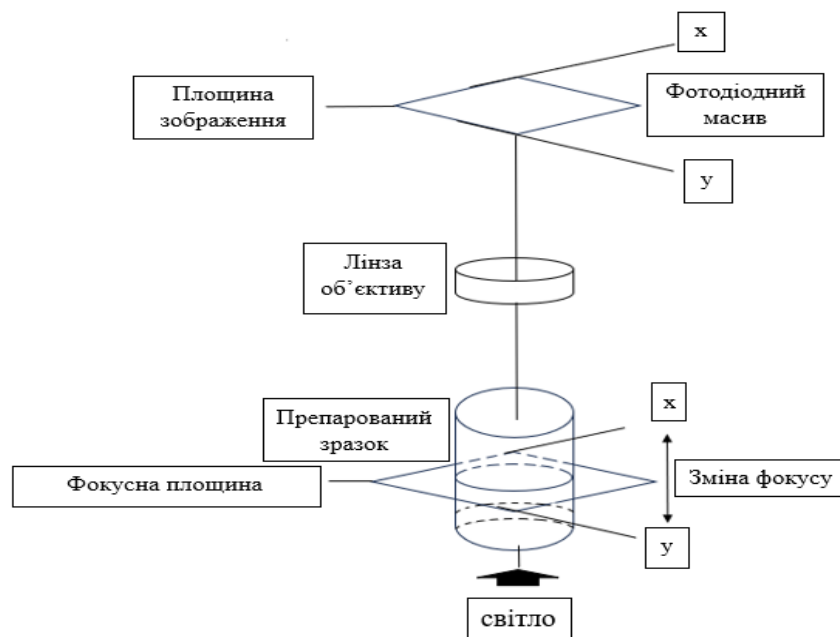


Рисунок 1 – Схематичне зображення методу оптичного розрізнення на установці яка використовувалася для вивчення язиково-глотковий стимул у стовбурі мозку курчати на ранньому ембріоні

Світло від вольфрамово-галогенної лампи потужністю 300 Вт було колімовано і зосереджено на препарованому зразку за допомогою конденсора світлого поля з числовою апертурою, що відповідає апертурі об'єктива мікроскопа. Об'єктив і фотографічний окуляр проектували реальне зображення препарованого зразку на матрицю кремнієвих фотодіодних елементів. Кожен елемент масиву виявляв світло, що пропускається квадратною областю препарованого зразку. Вихід кожного детектора в діодній матриці передавався на підсилювач через перетворювач струму в напругу. Посилені вихідні сигнали від елементів детектора були записані одночасно на 128-канальній системі запису. Окрім використання оптики у цілях запису та обробки інформації вона може бути використана у медицині для створення нових дослідницьких методів діагностування.

Як і технології оптичного запису вони мають свої вагомі переваги над іншими технологіями у своїй сфері, вони нечутливі до електромагнітних перешкод, зазвичай мають невеликі розміри, нетоксичні, тому є ідеальним матеріалом для використання в людському тілі та поблизу нього.

Список використаних джерел:

1. The Journal of Neuroscience, March 1995, Katsushige Sato, Yoko Momose-Sato, Tetsuro Sakai, Akihiko Hirota, and Kohtaro Kamino, Responses to Glossopharyngeal Stimulus in the Early Embryonic Chick Brainstem: Spatiotemporal Patterns in Three Dimensions from Repeated Multiple-Site Optical Recording of Electrical Activity // The Journal of Neuroscience, March 1995, 15(3): 2123-2140.

2. Yu Q, Wang X, Nie L, Optical recording of brain functions based on voltage-sensitive dyes, Chinese Chemical Letters (2021), Published by Elsevier.

3. Вікіпедія – загальнодоступна вільна багатомовна онлайн-енциклопедія. Photoacoustic imaging. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Photoacoustic\\_imaging](https://en.wikipedia.org/wiki/Photoacoustic_imaging)

## **ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТРОЇВ З ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ПАМ'ЯТТЮ**

Бураковська М.С.

Науковий керівник – проф. Стороженко В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики

м. Харків, Україна

e-mail: [mariia.burakovska@nure.ua](mailto:mariia.burakovska@nure.ua)

This scientific work is devoted to studying the principle of devices with non-volatile electric memory, which is an important aspect of modern electronics. Various technologies, such as memory based on electric charges, magnetoresistive memory, and phase change memory, are considered in terms of their operation and applications principles. The evolution of creating each type of memory is described. The work reveals advantages such as energy efficiency and high reliability, as well as analyzes the technical and economic challenges associated with the production and implementation of these technologies.

На сьогоднішній день рівень технологій зростає все більше та питання зберігання інформації є вкрай важливим. Для найбільш ефективного та безпечного зберігання серед усіх типів використовується саме енергонезалежна електрична пам'ять.

Енергонезалежна пам'ять – комп'ютерна пам'ять, яка здатна зберігати інформацію навіть за відсутності живлення.

Взагалі в залежності від занесення та способу зберігання інформації пам'ять можна розділити на такі типи:

– Постійна пам'ять – пам'ять, до якої інформація заноситься лише один раз, на етапі виготовлення. Така пам'ять є енергонезалежною.

– Програмована постійна пам'ять – пам'ять, інформацію в якій можна змінювати обмежену кількість разів за допомогою спеціальних методів. Цей тип пам'яті є енергозалежним.

– Оперативна пам'ять – пам'ять, інформація до якої може заноситися безліч кількість разів протягом служби мікросхеми. Однак, така пам'ять є енергозалежною.

В даній роботі розглядають такі види енергонезалежної пам'яті, як пам'ять на основі електричних зарядів, магніторезистивна пам'ять та пам'ять зі зміною фазового стану.

Кодування інформації за допомогою негативного заряду є основою кількох рішень:

- стираються ультрафіолетом ПЗП (EPROM);
- електрично стираються ПЗП (EEPROM);
- Flash-пам'ять

В основі кожної комірки такого типу пам'яті лежить польовий МОП-транзистор з плаваючим затвором. При створенні різниці потенціалів між стоком та витокком та наявності позитивного потенціалу на затворі від витокку до стоку потече струм. Однак, за наявності досить великої різниці потенціалів деякі електрони «пробивають» шар діелектрика й опиняються в плаваючому затворі.

Негативно заряджений плаваючий затвор створює електричне поле, що заважає протіканню струму від витокку до стоку. Більш того, наявність електронів у плаваючому затворі збільшує граничну напругу, за якої відкривається транзистор. При кожному «записі» в плаваючий затвор транзистора шар діелектрика трохи пошкоджується, що накладає обмеження на кількість циклів перезапису кожної комірки.

Перспективним напрямком є пам'ять, інформація до якої перезаписується ультрафіолетом, вона має назву Erasable Programmable Read-Only Memory (EPROM). Запис до пам'яті проводиться за допомогою спеціального пристрою – програматора. Програматор подає на чіп більш високу напругу, ніж застосовується в цифрових схемах, тим самим записує електрони в плаваючі затвори транзисторів, де це необхідно.

Звісно ж, що з таким темпом розвитку технологій електричний перезапис не змусив себе довго чекати. Так виникла пам'ять, яка має назву Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (EEPROM). Кожна комірка EEPROM-пам'яті складається з кількох транзисторів: транзистор з плаваючим затвором для зберігання біта та транзистор для керування режимом читання-запису. Однак, для зберігання великого обсягу даних, як і раніше, використовувався EPROM.

Flash-пам'ять поєднує найкращі риси EPROM та EEPROM. Читання з пам'яті такої конфігурації складніше: на необхідну лінію слова подається напруга, необхідна для читання, але в інші лінії слова подається напруга, яке відкриває транзистор незалежно від рівня заряду у ньому. Оскільки всі інші транзистори гарантовано відкриті, наявність напруги на бітовій лінії залежить тільки від одного транзистора, на який подано напругу читання.

Досить вагомо від інших типів відрізняється магніторезистивна пам'ять. У сучасних розробках магніторезистивної пам'яті використовують два шари феромагнетика, розділені діелектриком. Один шар є постійним магнітом, а другий змінює напрямок намагніченості. Читання біта з такої комірки зводиться до вимірювання опору при пропусканні струму: якщо шари намагнічені в протилежні сторони, то опір більший і це еквівалентно значенню «1». Феритова пам'ять не вимагає постійного джерела живлення для підтримки записаної інформації, однак магнітне поле комірки може впливати на «сусіда», що накладає обмеження на ущільнення схеми.

Третій перспективний вид пам'яті – пам'ять на основі фазового переходу. Даний вид пам'яті використовує властивості халькогенідів перемикатися між кристалічним та аморфним станом при нагріванні. При нагріванні вище точки плавлення халькогенід втрачає кристалічну структуру і, остигаючи, перетворюється на аморфну форму, що характеризується високим електричним опором. У свою чергу при нагріванні до температури вище за точку кристалізації, але нижче за точку плавлення халькогенід повертається в кристалічний стан з низьким рівнем опору.

У результаті дослідження принципу роботи пристроїв з енергонезалежною електричною пам'яттю можна визначити, що ця технологія відіграє важливу роль у розвитку електроніки та забезпеченні надійності сучасних пристроїв. Разом із зазначеними перевагами, важливо враховувати та вирішувати питання, пов'язані з вартістю виробництва та технологічними складнощами. Але ж переваги в сферах енергоефективності та збереження даних роблять її ключовим елементом для майбутнього розвитку інтегрованих систем та електронних пристроїв.

#### Список використаних джерел:

1. Тема 26. Використання мікросхем пам'яті. - Схемотехніка. lab-101.org.ua: веб-сайт. URL: <https://mcx.lab-101.org.ua/Tema26.html>
2. Введення до SSD. Частина 4. Фізична. Habr: веб-сайт. URL: <https://habr.com/en/companies/selectel/articles/491264/>
3. 8.2 Репрограмовані пзп. studfile.net: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/9919073/page:3/>

## ТЕПЛОВИЙ КОНТРОЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ТЕПЛОВОЇ ХВИЛИ ОБ'ЄКТІВ З РЕГУЛЯРНОЮ СТРУКТУРОЮ

Вяліна А. В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Мягкий О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики,  
м. Харків, Україна

e-mail: [anzhelika.vialina@nure.ua](mailto:anzhelika.vialina@nure.ua)

A theoretical basis is given for the possibility of stagnation using the thermal cooling method for thermal control. The advantages of using the method for objects with a periodic structure have been introduced. The results of computer modeling of the control procedure were compiled. We propose to use a universal relative parameter. It corresponds to the virtual heat transfer coefficient at a predetermined depth of the metal layer. It illustrates the possible use of this parameter for various methods of thermal control.

Серед методів активного теплового контролю метод теплової хвилі використовується порівняно рідко. Це пов'язано насамперед з тим, що без додаткової обробки на термограмі поверхні внутрішні теплофізичні неоднорідності не виявляються. Їх вплив зводиться лише до незначної зміни температурного градієнта та згущення ізотерм [1]. Крім того, артефакти, пов'язані з неоднорідністю коефіцієнта випромінювання поверхні, часто суттєво перевищують рівень корисного сигналу.

Метою цієї роботи є застосування методу теплової хвилі до об'єктів з регулярною структурою, та ілюстрація ефективності методу за допомогою розшифрованих термограм.

У цій роботі ми обмежимося розглядом розподілених дефектів, основною ознакою яких є відсутність стрибкоподібної зміни теплофізичних властивостей. Надалі ця модель може бути узагальнена і локальні дефекти. Лопатку можна розглядати як пластину змінної товщини  $h(x, y)$  з ефективним коефіцієнтом теплопровідності та температуропровідності а Математичне опис теплофізичної моделі базується на тривимірному рівнянні теплопровідності Фур'є. (Рис. 1)

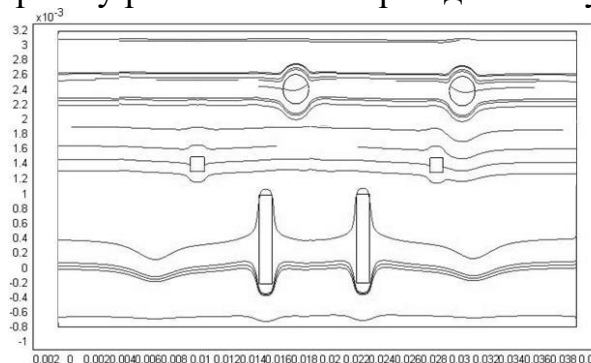


Рис. 1. Лінії поширення тепла.

Для ілюстрації ефективності запропонованої методики виявлення неоднорідності ми провели чисельний експеримент з проходження теплової хвилі в однорідній пластині з внесеними дефектами. Було використано пакет для моделювання фізичних процесів «FEMLAB-3». При обчисленні відносного градієнта товщини, у знаменнику стогового виразу стоїть фактично модуль градієнта температури. Для ілюстрації ефективності способу ми обмежилися його обчисленням. Як видно із рис. 2, його обчислення дозволяє виявити дефекти та їх форму в ідеалізованій моделі без завад.

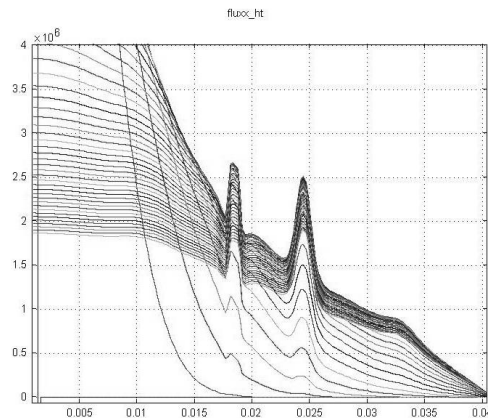


Рис. 2. Градієнт температурного поля

Основним джерелом похибок, як у методі теплової хвилі, так і в інших тепловізійних методах контролю, є неоднорідність здатності поверхні об'єкта. Так як вона навіть у разі спеціальної підготовки поверхні може становити 1 - 2%, а без неї - до 10%, то артефакти, що виникають через це, часто перевищують ефект від справжньої неоднорідності, і вимагають додаткової обробки. Яка була проведена шляхом диференціальної фільтрації.[2]

В результаті проведеного теоретичного та чисельного аналізу встановлено, що при проведенні теплового контролю об'єктів з структурою, що повторюється, за методикою теплової хвилі можливе виявлення як приповерхневих, так і глибоко розташованих дефектів в результаті застосування спеціальних алгоритмів обробки термофільму.

#### Список використаних джерел:

1. Контроль качества охлаждаемых лопаток турбин методом тепловой волны / С.И. Мельник, Б.Н. Баженов, В.А. Стороженко, А.Г. Чумаков //Авиационно-космическая техника и технология: Сб. научн. тр. – Х.: ХАИ. – 2002. – Вып. 30 Двигатели и энергоустановки. – С. 141-144.
2. Aleksandr Myagkiy Optimization of the Procedure of Thermal Flaw Detection of the Honeycomb Constructions By Improving The Accuracy Of Interference Function / Volodymyr Storozhenko, Aleksandr Myagkiy, Roman Orel. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 5/5 ( 83 ) 2016.

УДК 530.191

## МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ФРАКТАЛЬНИХ РОЗМІРНОСТЕЙ

Жезлова А.С.

Науковий керівник – к.ф.-м.н. Онищенко А.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. фізики,

м. Харків, Україна

e-mail: [anhelina.zhezlova@nure.ua](mailto:anhelina.zhezlova@nure.ua)

This work is devoted to the study of various methods and approaches to the estimation of fractal dimensions, which play an important role in determining the complexity and structure of objects in physics, mathematics, biology, chemistry, biochemistry, medicine, electronics, materials science, signal and image processing, computer networks, and many others. The report analyzes several methods of calculating these dimensions. A description and explanation of the principle of operation is provided for each of them.

Поняття «фрактал» вперше введено видатним американським вченим Б. Мандельбротом в 1975 р. в книзі [1], що була опублікована французькою мовою. Сам термін «фрактал» походить від латинського слова *fractus* – фрагментований, неправильний за формою, дроблений, ламаний, розбитий. Саме на базі розглянутого визначного досягнення Б. Мандельброта на сьогодні сформовано так звану фрактальну парадигму [2], у межах якої встановлено, що фрактальність є однією з фундаментальних властивостей навколишнього світу. Фрактальні структури виявлено у самих різних галузях людської діяльності: у фізиці, астрономії, електроніці, обробці сигналів, комп'ютерних мережах, хімії, фізичній хімії, біології, фізіології, психіатрії, біофізиці, біохімії, медицині [3].

Основною числовою характеристикою будь-якого фрактала є фрактальна розмірність  $D$  [4]. На сьогодні існує велика кількість методів оцінювання фрактальних розмірностей, в рамках доповіді зупинимось на найпростіших, які дозволять зрозуміти підхід та принципи оцінювання розмірностей. Так, для математичних фракталів автор терміна «фрактальна розмірність» Б. Мандельброт у переважній більшості випадків ототожнював її з розмірністю Хаусдорфа-Безіковича  $D_{HB}$ , тобто  $D = D_{HB}$ . Існує наступний спрощений алгоритм: нехай досліджуваний об'єкт перебуває у евклідовому просторі з розмірністю  $E$ . Покриємо цей об'єкт  $E$ -вимірними «кулями» радіуса  $l$ . Нехай для цього нам потрібно не менше, ніж  $N(l)$  таких куль.



Тоді за досить малих  $l$  величина  $N(l)$  підкоряється степеневому закону:

$$N(l) \propto \frac{1}{l^D} \quad (1)$$

Величина  $D$  є саме фрактальною розмірністю даного об'єкта. Вона дорівнює його розмірності Хаусдорфа-Безіковича:  $D = D_{HB}$ .

Формулу (1) можна переписати у вигляді:

$$D = - \lim_{l \rightarrow 0} \frac{\ln N(l)}{\ln l} \quad (2)$$

Формулу (2) зазвичай на практиці й використовують для визначення фрактальної розмірності  $D$ . Цю фрактальну розмірність інколи називають об'ємною розмірністю множини. Важливо, що величина  $D$  є локальною характеристикою даного об'єкта.

Для обчислення розмірностей фізичних фракталів, з якими на практиці мають справу дослідники, відрізняються від математичних фракталів. Для фізичних фракталів є недоцільним використовувати розмірність Хаусдорфа-Безіковича  $D_{HB}$  у вигляді фрактальної розмірності  $D$ . Фрактальна розмірність кількісно описує степінь заповнення фракталом простору, в який його занурено. Отже, розглянемо кілька методів, які дозволяють обчислити розмірність фізичних фракталів. Одним цікавим та простим методом є метод визначення кореляційної розмірності, яка має локальний характер. Існує декілька алгоритмів обчислення, але найбільш ефективним вважається алгоритм Грассбергера-Прокаччи. Згідно йому кореляційна розмірність  $D_G$  задається співвідношенням:

$$D_G = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln C(r)}{\ln r} \quad (3)$$

Ще один метод дозволяє визначити інформаційну розмірність. Покриємо досліджувану множину точок  $N$  кулями з радіусом  $\varepsilon$ . Кількість точок множини в кожній окремій комірчині дорівнює  $N_i$ . Ймовірність точки потрапити у дану комірку складає:

$$P_i = \frac{N_i}{N_0}, \quad i = \overline{1, N}, \quad \sum_{i=1}^N P_i = 1, \quad (4)$$

де  $N_0$  – загальна кількість точок у вихідній досліджуваній множині.

Інформаційну розмірність можна визначити за допомогою залежності, яка має вигляд:

$$D_I = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{I(\varepsilon)}{\log(1/\varepsilon)} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\sum_{i=1}^N P_i \log P_i}{\log \varepsilon}. \quad (5)$$

Встановлено, що  $D_G \leq D_I \leq D_C, \leq D_{HB}$ , тобто інформаційна та кореляційна розмірності обмежують ємнісну розмірність знизу, а остання – розмірність Хаусдорфа-Безіковича.

Хоча різні методи відрізняються по використаним в них підходах, але більшість з них вкладається в наступний алгоритм який складається з трьох кроків:

1) Вимірюється деяка кількісна характеристика сигналу з використанням масштабної величини.

2) Будується графік залежності логарифму цієї характеристики від логарифму масштабної величини.

3) З використанням отриманого кутового коефіцієнту лінійної регресії оцінюється величина фрактальної розмірності, або пов'язаною з нею величиною.

Список використаних джерел:

1. Mandelbrot B. Les Objets Fractals: Forme, Hasard et Dimension. Flammarion, 1989. 196 p.

2. Яновський В. В. Фрактали. Виникнення нової парадигми у фізиці. // Universitates. 2003. № 3. С. 32 – 47.

3. Brambila F., ed. Fractal Analysis. Applications in Health Sciences and Social Sciences. InTech, 2017. 216 p.

4. Chernogor L. F., Lazorenko O. V., Onishchenko A. A. Fractal Analysis of the Fractal Ultra-Wideband Signals // Problems of Atomic Science and Technology. Series 'Plasma Electronics and New Methods of Acceleration'. 2015. No. 4(98), Iss. 9. P. 248 – 251. (Scopus)

5. Лазоренко О. В., Онищенко А. А., Черногор Л. Ф. Метод коригуючої функції для фрактального аналізу // Радіотехніка. Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2022. № 210. С. 177 – 187.

## **БЕЗПРОВІДНА ПЕРЕДАЧА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОЮ МІКРОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Карпович Б. О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Орел Р.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки,

каф. Фізики, м. Харків, Україна

e-mail: [bohdan.karpovych@nure.ua](mailto:bohdan.karpovych@nure.ua)

The advantages of wireless energy transmission compared to wired ones are given. The principles of operation of inductive and microwave methods of wireless energy transmission are shown. Existing implementations of wireless energy transfer technology and modern problems faced by this technology are considered. Perspective for development and directions for the use of wireless energy transmission technologies are reviewed.

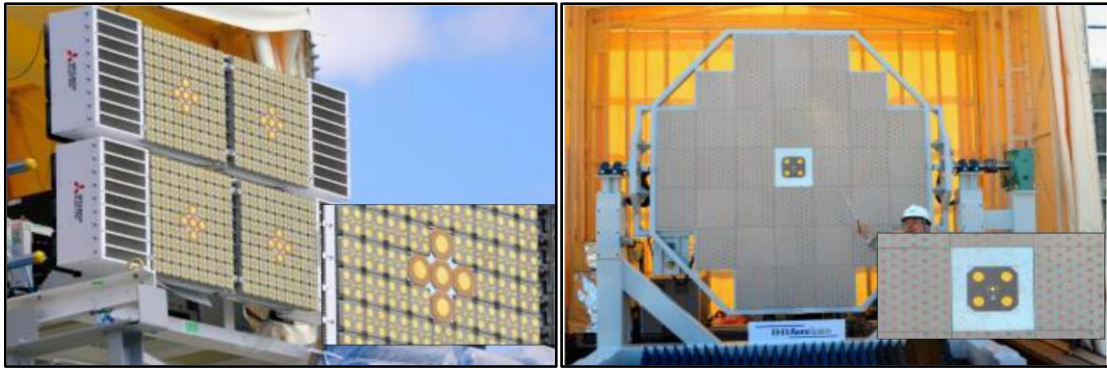
Зараз не можливо уявити своє життя без смартфонів та інших пристроїв, що роблять наше життя в рази простішим, але всі вони не можуть працювати без енергії, яку вони отримують через різноманітні роз'єми живлення, через що ми досі маємо мати фізичні з'єднувачі для живлення або зарядки техніки. Технологія бездротової передачі енергії дозволяє передавати електричну енергію від джерела живлення до електрообладнання без необхідності фізичного з'єднання, що допоможе звільнити обладнання від обмежень кабелів і шнурів. Оскільки залежність від електронних пристроїв продовжує зростати, бездротова зарядка пропонує рішення для усунення незручностей та обмежень, пов'язаних з традиційною дротовою зарядкою. Від смартфонів до електромобілів - потенційне застосування бездротової зарядки охоплює різні галузі та сектори. Однак, як і будь-яка нова технологія, бездротова передача енергії несе з собою багато можливостей і викликів – від питань ефективності до міркувань безпеки.

Існують різні методи бездротової передачі енергії, але найпоширенішими є два підходи:

– Використання індуктивного зв'язку. Індуктивна бездротова передача енергії використовує електромагнітні поля між двома котушками, що налаштовані в резонанс – котушкою передавача на зарядній панелі або базовій станції та котушкою приймача на пристрої, що отримує енергію. Метод працює навіть коли між котушками є невеликі перешкоди[1].

– Використання мікрохвильового випромінювання. Високочастотні електромагнітні хвилі передаються від передавальної антени (лівий рисунок), яка перетворює електричну енергію в мікрохвилі високої потужності за допомогою технології фазованої решітки, до приймального випрямляча - ректени (правий рисунок) і перетворюються в електричну енергію. Головною перевагою цього методу є те, що він має високу

ефективність передачі на великі відстані, але потенційні ризики викликають занепокоєння [2].



Незважаючи на потенційні переваги, дистанційна передача електроенергії стикається з кількома проблемами:

–Ефективність. Сучасні технології зазнають значних втрат енергії під час передачі, що вимагає подальшого розвитку для підвищення ефективності.

–Вартість. Створення та підтримка необхідної інфраструктури для великомасштабної бездротової передачі буде фінансово витратно.

–Регулювання та безпека. Необхідно вирішити занепокоєння щодо потенційних ризиків для здоров'я від електромагнітного випромінювання [2]

Незважаючи на відносно суттєві на перший погляд недоліки розглянутих технологій, переваги бездротової передачі енергії величезні. Подальші дослідження та розробки обіцяють перевернути розподіл енергії: надання чистої та відновлюваної енергії віддаленим районам, живлення для освоєння космосу – спрямування енергії на супутники та космічні кораблі, що дозволить виконувати триваліші місії та більш дальні космічні подорожі, а також впровадження нових технологій – забезпечення джерелом живлення для автономних транспортних засобів, дронів та інших сучасних пристроїв. З часом ці технології, безперечно, розвиватимуться, і з упевненістю можна сказати, що найближчим часом ми зможемо побачити нові чудеса інженерії в цій галузі техніки.

Список використаних джерел:

1. Tom Tidwell, Wireless Power Transfer: What It Is, How It Works, and Why You Should Care. URL: <https://www.nemko.com/blog/wireless-power-transfer-what-it-is-how-it-works-and-why-you-should-care>
2. Microwave and Millimeter Wave Power Beaming / Christopher T. Rodenbeck and other, IEEE Journal of Microwaves, Volume1. Issue: 1. January 2021.P. 229–259.URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9318744>

## ВПЛИВ ШУМУ НА СТАН ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Крещук М.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Мешков С.М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики  
м. Харків, Україна

e mail: [mariia.kreshchuk@nure.ua](mailto:mariia.kreshchuk@nure.ua)

The text discusses the topic of noise and its impact on human health. It explains that noise is a component of the environment and has different sources. Different noise frequencies have their own special impact on human health, both positive and negative. The article reviews the research of scientists in this area and provides recommendations for minimizing the negative impact of noise on human health.

Шум - коливання частинок навколишнього середовища, що сприймається органами слуху людини як небажані сигнали [1]. З фізичної точки зору: шум – безладне сполучення різних по силі і частоті звуків, здатне впливати на організм. Спочатку слово шум відносилось виключно до звукових коливань, проте в сучасній науці воно було поширене і на інші види коливань (радіо-електрика). Шум – один із найбільш поширених несприятливих фізичних факторів навколишнього середовища. Джерелом шуму є будь-який процес, що викликає місцеву зміну тиску або механічні коливання твердих, рідких або газоподібних середовищ.

Шум класифікують за багатьма поняттями, наприклад за спектром його поділяють на стаціонарні та нестаціонарні. Спектр звуку – це сукупність гармонічних коливань, які можна розкласти на конкретну звукову хвилю. Спектр шуму може бути широкосмуговим та тональним.

Для оцінки шуму прийнято вимірювати його інтенсивність і звуковий тиск не абсолютними фізичними величинами, а відношеннями цих розмірів до умовного нульового рівня, що відповідає порогові чутливості стандартного тону, частотою 1000 Гц. Основними фізичними параметрами, що характеризують звук, є звуковий тиск  $P$  та інтенсивність звуку  $I$ . Виміряють шум у децибелах (дБ), для чого використовуються шумоміри, частотні аналізатори тощо. Шумомір вимірює звук шляхом вимірювання мікрофоном звукового тиску.

Джерела шуму поділяються на механічні, аеродинамічні, гідродинамічні, та електромагнітні. Всі вони відносяться до акустичного шуму, але існують і не акустичні шуми: радіоелектронні, теплове випромінювання Землі та атмосфери. Джерелами електромагнітного шуму являються механічні коливання електротехнічних пристроїв (трансформаторів тощо), які збуджуються змінними магнітними і електричними полями.

Повна або майже відсутність шуму (нижче 15 дБ) викликає психологічний дискомфорт [2], особа мимохіть починає чути, як вона дихає або інші фізіологічні процеси. При середніх частотах 15-35 дБ

людина відчувається комфортно. При рівні звукового тиску 40-70 дБ людина відчуває подразнення, але без больового ефекту. Від тривалої дії шуму 75-120 дБ страждає слуховий апарат, центральна нервова та серцево-судинна система. Згодом знижується слух або взагалі втрачається. Найнебезпечніший рівень шуму починається від 120 дБ, що викликає біль, від 140 дБ механічну травму органів слуху та понад 170 дБ, шум викликає контузію та смерть.

Тривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку хронічної перевтоми, зниження працездатності, виникнення таких симптомів як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це може спричинити аварію на виробництві. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органу або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху.

Шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ – порушує слух, до 120 дБ – призводить до фізичного болю, який може бути нестерпним [1]. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10–15 %. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення.

Захист від шуму повинен забезпечуватися розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів і методів колективного захисту, в тому числі будівельно-акустичних, застосуванням засобів індивідуального захисту.

Для того, щоб протидіяти шуму, винайшли багато варіантів, таких як різноманітні системи вентиляції, засоби звукоізоляції, віброізоляції. Частіше за все матеріалами звукоізоляції слугують поролонові плити, які накладають на стіни всередині приміщення. Використовують щільні матеріали із закритою комірчастою структурою (цегла, бетон, гіпсокартон). Ураховуючи джерела шуму та людини, що працює, яку треба захистити від подразника, використовують різні засоби, окрім способів ізоляції приміщення від шуму, обирають ще й індивідуальні методи. Такими можуть бути навушники. Також захищають від шуму дистанцією або кількістю часу праці біля джерела звуків.

#### Список використаних джерел:

1. ДСТУ 2325-93 Шум. Терміни та визначення.
2. Як гучні звуки впливають на наш організм і які хвороби можуть спричинити – дослідження NYT. <https://texty.org.ua/fragments/109897/yak-shum-vplyvaye-na-nash-orhanizm-i-yaki-hvoroby-mozhe-sprychynyty-doslidzhennya-nyt/>

УДК 550.3+551.51]:629.78

## СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОКОСМОСУ В УКРАЇНІ

Леонова А.О.

Науковий керівник – к.т.н., доцент Чубукін О. С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики,  
м. Харків, Україна

e-mail: [anna.leonova@nure.ua](mailto:anna.leonova@nure.ua)

Ukraine belongs to the space nations of the planet - both in terms of the level of theoretical achievements in the field, and in terms of the results of practical tests of its developments. Geospace, which describes the relationship between the Earth and space, is also developing in Ukraine. Significant variations of the geomagnetic field, flows of energy particles cause not only powerful induction phenomena in industrial structures, but also lead to changes in the state of the vascular and central nervous systems of a person. That is why research, monitoring and forecasting of the occurrence and course of various processes in the geospace have important practical significance for many branches of society's life.

Геокосмосом прийнято вважати ту частину космічного простору, в якій на властивості середовища впливає наявність планети Земля. Структурними складовими геокосмосу знизу є іоносфера, а зовні — магнітосфера. Її межі простягаються від висот близько 50 км приблизно до орбіти Місяця [1].

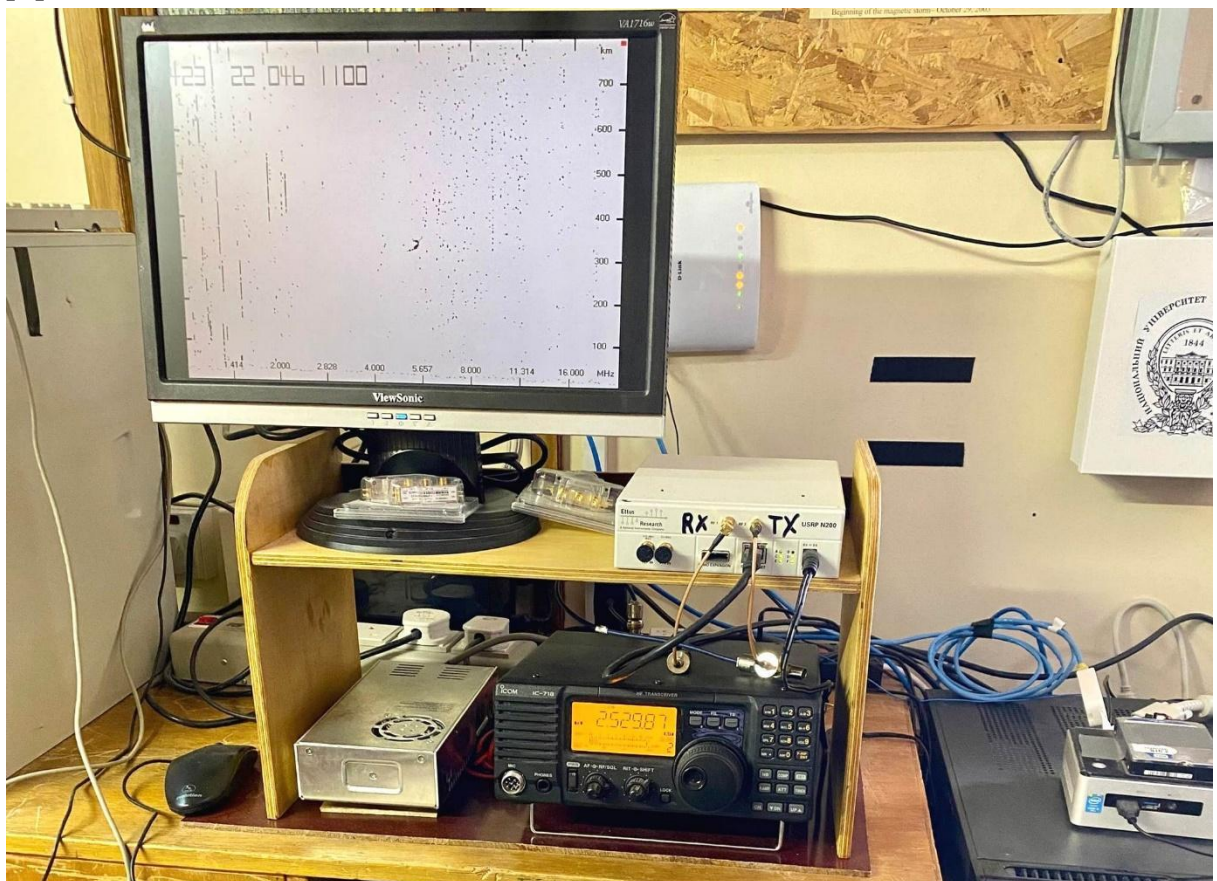
Слід підкреслити, що сьогодні склалися сприятливі умови для всебічних наукових досліджень механізмів сонячно-земних зв'язків, явищ космічної погоди і їх впливу на функціонування геосистем, які дозволяють економити ресурси на виробництво «власних» національних наукових космічних апаратів і наземних обсерваторій [2].

Антарктичний півострів, де знаходиться українська антарктична станція «Академік Вернадський» (УАС), є одним з найзручніших місць на планеті для досліджень впливу процесів у нейтральній атмосфері на стан навколосемної плазми. Для вирішення численних оригінальних завдань за напрямом геокосмічних досліджень станцію «Академік Вернадський» було обладнано сучасними науковими вимірювальними установками українського виробництва у широкому діапазоні частот, від ультранизких частот порядку мілігерців (~10–3 мГц) до надвисоких порядку гігагерців (~10<sup>9</sup> Гц) [1].

Зокрема, у 2017 р. на станції було встановлено доплерівський іонозонд, розроблений і виготовлений у рамках кооперації між Радіоастрономічним інститутом НАН України і Міжнародним центром

теоретичної фізики імені Абдуса Салама (ІСТР, Італія) (див. рис.1). У розробки українських вчених, порівняно з іонозондом-ветераном, багато переваг. Зокрема, можливість вимірювати швидкість вертикального руху іоносферних шарів, а також збереження інформації про інтенсивність відбитих від іоносфери сигналів.

Крім того, новий іонозонд складається із сучасних уніфікованих комплектуючих, основною з яких є програмоване радіо (SDR – software-defined radio). Це, з одного боку, робить його набагато дешевшим за наявні аналоги, а з іншого – дозволяє забезпечити серйозні переваги приладу за рахунок оригінального програмного забезпечення, над яким працюють вчені Радіоастрономічного інституту НАНУ та НАНЦ. Також новий іонозонд є віддалено керованим через Інтернет і значно менш енерговитратним [3].



*Рис.1. Сучасний портативний доплерівський іонозонд, розроблений співробітниками Радіоастрономічного інституту НАН України (Харків)*

На рис. 2 показано усереднені за місяць (лютий 2021 р.) висотно-часові діаграми іоносферних параметрів, таких як плазмова частота, відношення сигнал/шум, вертикальна швидкість руху шарів, а також ймовірність відбиття сигналів. Зазначимо, що вимірювання вертикальної швидкості руху плазми та відношення сигнал/шум були неможливі за допомогою «старого» іонозонда IPS-42, який використовується на станції з 1982 р.



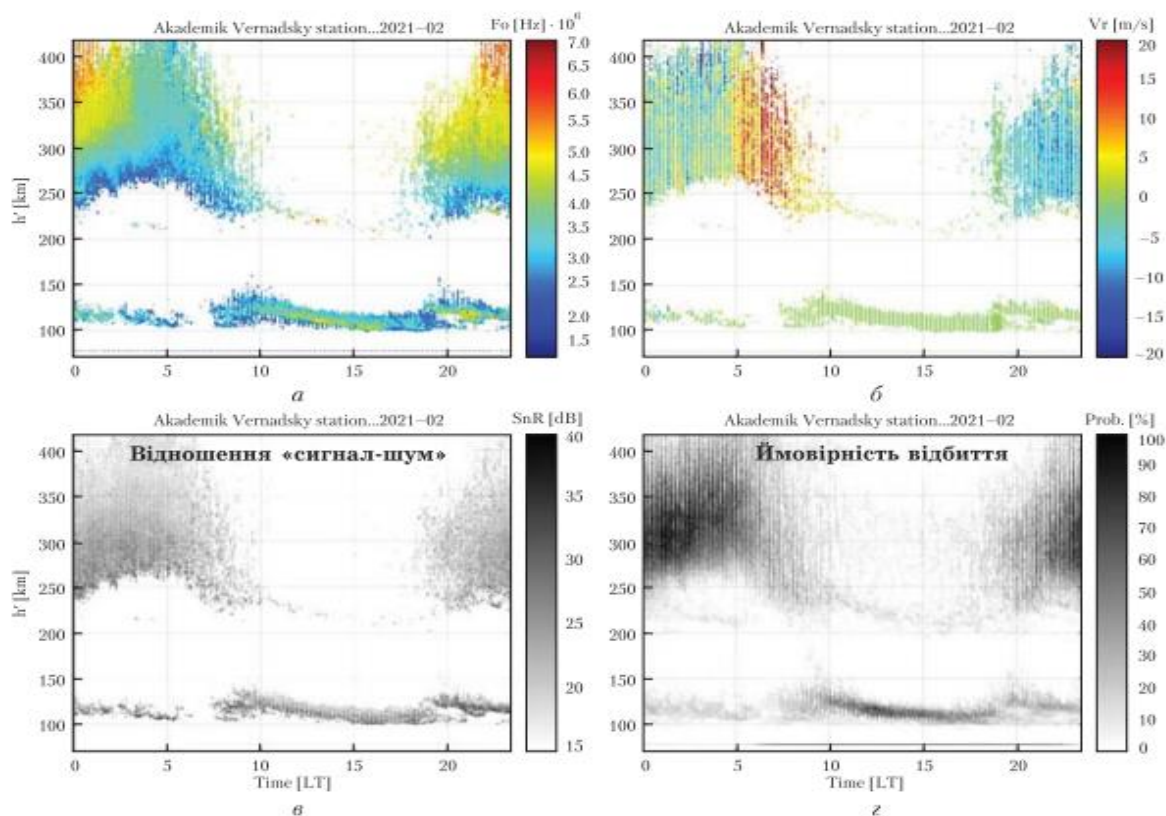


Рис. 2. Висотно-часові діаграми іоносферних параметрів: а — плазмова частота (МГц); б — швидкість вертикального руху плазмових шарів (м/с); в — відношення сигнал/шум (dB); г — ймовірність відбиття сигналів (%).

Отож, Україна активно займається дослідженням геокосмосу, розвиваючи теоретичні підходи та практичні застосування. Установка сучасного доплерівського іонозонду на антарктичній станції "Академік Вернадський" свідчить про технологічний прогрес в цій сфері. Цей передовий метод дозволяє отримувати важливі дані про іоносферу та інші параметри геокосмосу з високою точністю. Завдяки новітнім технологіям і програмному забезпеченню, цей інструмент забезпечує конкурентні переваги в галузі космічних досліджень. Поєднуючи український науковий потенціал і технічну компетентність, доплерівський іонозонд стає важливим інструментом не лише для нашої країни, але й для світової наукової спільноти, вносячи суттєвий внесок у розвиток сучасної геофізики та космічної науки.

Список використаних джерел:

1. <http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/186667/07-Zalizovski.pdf?sequence=1>
2. <https://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/concursGEOKOSMOS.pdf>
3. <https://expedicia.org/yak-pracyuie-ukrainskiy-ionozond-v-anta/>

## PHYSICAL PRINCIPLES OF THE COMPUTER MOUSE

Melnyk A.O.

Scientific adviser – Professor of the Department of Physics

Prof. Storozhenko V.O.

Kharkiv National University of Radio Electronics

Department of Physics

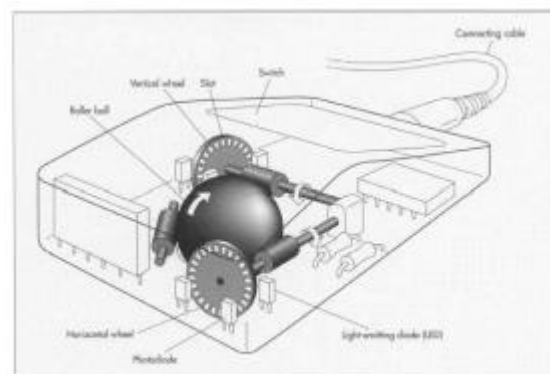
Kharkiv, Ukraine

e-mail: anastasiia.melnyk@nure.ua.

Now computers are used in a lot of types of human work. To make the interaction with computers user-friendly it was developed new type of user interface, called GUI (Graphical User Interface). However, they have to create new devices to interact with the new type of user interface. This work is devoted to the study of the physical operation principles of a ball-style computer mouse, (this type isn't used nowadays), and an optical mouse (which we are using every day). Thanks to the mouse, we can control the cursor and execute some commands by using the buttons on the corpus.

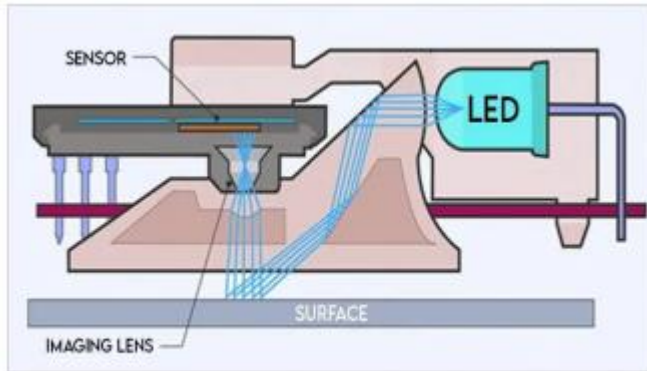
Computer mouse have become necessary tools for almost all computer users, making interacting with computers easier. Over time, the technology behind the computer mouse has changed, with earlier iterations featuring the ball mouse. These devices operated on a mechanical principle, built-in a heavy rubber or plastic ball that made contact with the surface, typically a table or a specialised mouse pad. The gravitational force acting on the ball caused it to rotate, generating rotational movements relative to the ball's centre when users applied mechanical force to move the mouse across the surface.

The ball mouse further used two rollers - one detecting movement along the X-axis and the other along the Y-axis (pict. 1). As the ball rotated, these rollers touched the ball's surface, and friction between the ball and the rollers transferred rotational force to them. The rollers were connected to a shaft, which, in turn, rotated a disk with perforations. Located on both sides of the disk infrared LEDs transmitted light. The perforations in the disk broke the infrared beam of light, and infrared sensors detected the resulting pulses of light. These pulses were then converted into binary code by a chip inside the mouse and it transmitted to the computer through the mouse's cord.



Picture 1 ball mouse inside

In contrast, the optical mouse represents a more advanced technology. They use an infrared LED to emit light, which passes through a lens (pict. 2). The lens modifies the path of the light beam due to differences in optical width



Picture 2 optical mouse inside

within the medium - a phenomenon known as refraction. The light beam is directed at an angle onto the surface, illuminating it. The reflected light is then detected perpendicular to the surface by a photoelement placed in front of a lens that focuses and captures details of the surface.

The photoelement receives an impressive number of images - around 17,000 per second - at a resolution of 40x40 pixels. These images are not stored, instead, they are swiftly sent to a digital signal processor (DSP). The DSP compares each new image with the previous one, determining the direction and magnitude of the mouse movement. The processed data is then transmitted through the mouse's cord to the computer.

**In summary**, while the ball mouse relies on mechanical components and friction, the optical mouse integrates optical and electronic elements for a more complicated and precise method of cursor control, displaying the continuous evolution in the design and functionality of these universal computer peripherals.

#### Список використаних джерел:

1. How Computer Mouse Work. //Explain That Stuff. URL: <https://www.explainthatstuff.com/computermouse.html> (Accessed: 23.11.2023).
2. How Computer Mouse Work. //HowStuffWorks. URL: <https://computer.howstuffworks.com/mouse4.htm> (Accessed: 23.11.2023).
3. How does a computer mouse work? //HowStuffWorks. URL: <https://computer.howstuffworks.com/question631.htm> (Accessed: 23.11.2023).
4. Estimation of Mobile Robot Pose from Optical Mouses //ResearchGate. URL: [https://www.researchgate.net/publication/290732675\\_Estimation\\_of\\_Mobile\\_Robot\\_Pose\\_from\\_Optical\\_Mouses](https://www.researchgate.net/publication/290732675_Estimation_of_Mobile_Robot_Pose_from_Optical_Mouses) (Accessed: 23.11.2023).
5. How Does a Computer Mouse Work? //YouTube. URL: <https://youtu.be/SAaESb4wTCM?si=9QLlgYwpbNWhW2xM> (Accessed: 23.11.2023).

**ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ ВИЯВЛЕННЯ  
ІМПУЛЬСНИХ ПЕРЕШКОД**

Мешков А.Ю., Алістратов О.М.

Науковий керівник – к.т.н. Додух О.М.

Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба, науково-дослідна лабораторія  
м. Харків, Україна  
e-mail: [166gaa@gmail.com](mailto:166gaa@gmail.com)

The experience of the large-scale armed aggression of the Russian Federation testifies to the widespread use of unmanned aerial vehicles by the enemy to solve various tasks. The detection of small-sized targets will take place against a complex interference background due to the influence of passive and active interference. In the paper, for the case of using a two-frequency sounding signal, a variant of the impulse interference selection device in the presence of passive interference is proposed. The performance of the device was verified by means of simulation modeling. The obtained results do not contradict the theoretical ones and testify to the effectiveness of suppression of impulse interference.

Сучасні радіолокаційні станції (РЛС) для перегляду зони виявлення використовують складномодульовані сигнали великої тривалості[1]. При використанні такого складного сигналу виникає «мертва зона», пропорційна тривалості сигналу, для її перегляду використовуються простий короткий радіоімпульс меншої тривалості. Такий простий сигнал, на відміну від складномодульованих, потенційно забезпечує значно меншу перешкодозахищеність.

Пропонується для перегляду ближньої зони використовувати багаточастотний сигнал[2]. В цьому випадку ціль буде спостерігатися в двох частотних каналах, поява імпульсної перешкоди (ІП) одночасно в цих двох каналах мало ймовірна. В роботі розроблено варіант формувача бланку ІП, який реалізує зазначений принцип та оцінено його ефективність.

Для перевірки ефективності за допомогою пакету Simulink[3] було розроблено модель поточної сигнально-перешкодової обстановки та обробки сигналів для варіанту використання двочастотного зондувального сигналу. Модель дозволяє імітувати дію власних шумів приймального пристрою, пасивних перешкод, активних перешкод, а також проводити обробку отриманих послідовностей даних. Моделювання проводиться у двох незалежних каналах які, відповідають двом каналам обробки інформації у випадку використання двочастотного зондувального сигналу.

Після обробки послідовності відліків обох каналів надходять на вхід пристрою селекції ІП, внутрішня структура якого наведена на рис. 1

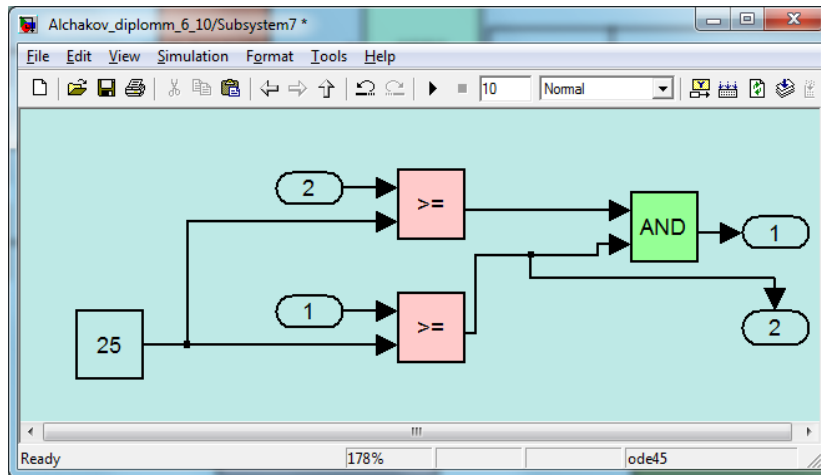


Рисунок 1 – Внутрішня структура блоку селекції імпульсних перешкод

Відліки сигналу у кожному частотному підканалі надходять на свої граничні пристрої ( $\geq$ ), де порівнюються з порогом виявлення імпульсної перешкоди. Бінарні сигнали з виходів цих граничних пристроїв надходять на загальний формувач бланка імпульсної перешкоди, який формує імпульс бланка на основі спільного аналізу сигналів на виходах граничних пристроїв кожного з підканалів. При впливі власних шумів в обох частотних підканалах на входи двовхідної схеми «І» (AND) надходить логічний нуль («0»). Такий же рівень, сформований на виході схеми, надійде на вихід пристрою. Ознака виявлення цілі не формується. Проходження сигналу на подальшу обробку бланкується.

При наявності корисного луна-сигналу в частотних підканалах на виходах граничних пристроїв формується рівень логічної одиниці («1»), що далі також надходить на входи двовхідної схеми «І» (AND), на виході якої формується логічна одиниця, що відповідає прийняттю гіпотези про наявність у прийнятій реалізації корисного луна-сигналу. Ця інформація подається далі на відображення.

У випадку наявності, наприклад, у першому частотному підканалі імпульсної перешкоди, а в другому власних шумів на виході граничних пристроїв будуть сформовані «1» та «0», відповідно. На виході двовхідної схеми «І» (AND) ознаки попереднього виявлення цілі сформовано не буде.

Випадок спільної дії луна-сигналу та імпульсної перешкоди мало ймовірний, але навіть у цьому випадку буде ухвалено рішення про наявність корисного сигналу в прийнятому коливанні.

На рис.2 зображено результат роботи моделі, а саме відліки сигналів в колі дальності на виході амплітудного детектора.

На верхньому графіку наведено вхідну перешкодову обстановку: власні шуми приймального тракту, пасивна перешкода, хаотична ПП та ціль, яка знаходиться у зоні дії пасивної перешкоди та не спостерігається. На графіку нижче наведено вигляд тих самих компонент на виході

однократної системи селекції рухомих цілей (СРЦ), пасивна перешкода подавлена, ПІ розмножена, у суміші присутня ціль.

На третьому графіку зображено результат застосування двократної системи СРЦ, пасивна перешкода придушена майже повністю, імпульсна перешкода розмножена до кратності системи СРЦ, спостерігається ціль.

На нижньому графіку зображено кінцевий результат обробки, ПІ практично усунута, спостерігається сформований бінарний признак цілі, вона має вигляд пачки імпульсів.

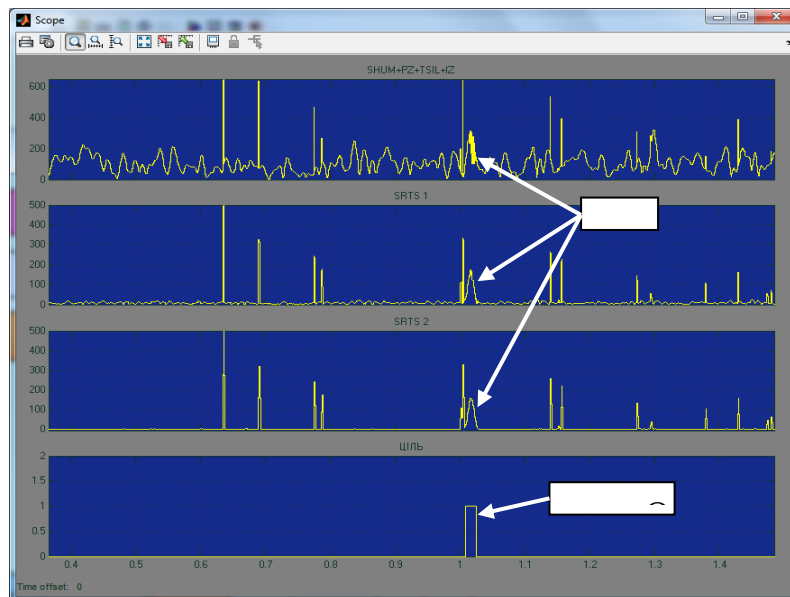


Рисунок 2 – Результат імітаційного моделювання

Таким чином, результати імітаційного експерименту не протирічать відомим теоретичним положенням та підтверджують отримані результати.

#### Список використаних джерел:

1. Офіційний сайт АЕРОТЕХНІКА.UA. Наземная подвижная радиолокационная станция П-18МА/П-180У. Научно-производственное предприятие "Аэротехника-МЛТ", вебсайт. URL: <http://www.aerotechnica.ua/index.php?id=products&prod=2&prodid=2> (дата звернення: 10.01.2024).

2. Мишковець О., Буда А. Виявлення та вимірювання багаточастотних радіолокаційних сигналів. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп’ютерних технологій“ присвячена 80-ти річчю з дня народження професора ЯІ Проця, 2019. С. 99-101.

3. Karris S. T. Introduction to Simulink with engineering applications. Orchard Publications, 2006. 829 p.

## СПЕКТРОСКОПІЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТВЕРДИХ ТІЛ.

Павленко Ю. В.

Науковий керівник – к.фіз.-мат.н., доц. Коваленко О. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики,  
м. Харків, Україна

e-mail: [yuliia.pavlenko1@nure.ua](mailto:yuliia.pavlenko1@nure.ua)

In this work, we have considered various optical methods for studying the properties of substances. We paid the most attention to transmission spectroscopy. This research method provides information about the structure of a substance, its composition, optical, electronic and molecular properties and is used in various fields of science and technology. The object of study is the compound  $CdI_2$ . The transmission spectrum of a thin film of the substance was obtained and the dependence of the refractive index  $n$  of the selected compound on the wavelength was studied by the interference method.

Розвиток сучасної мікро- та наноелектроніки характеризується все більшим підвищенням ступеня функціональної складності мікросхем, подальшим зростанням числа елементів, зменшенням їх характерних розмірів. У зв'язку з цим зростає роль досліджень твердих тіл, насамперед напівпровідників. Для досягнення правильного результату слід використовувати набір взаємно доповнюючих методів. Важливу роль серед цих методів відіграють оптичні методи дослідження, а саме різні види спектроскопії.

Спектроскопія – це науковий метод, який ґрунтується на дослідженні взаємодії електромагнітного випромінювання різних довжин хвиль з речовиною. Ця взаємодія призводить до різних енергетичних переходів, які реєструються експериментально у вигляді поглинання випромінювання, відбиття та розсіювання електромагнітного випромінювання. Загальний характер процесів, викликаних взаємодією речовини з електромагнітним випромінюванням залежить від енергії фотонів.

Спектроскопічних методів дослідження існує велика кількість.

Спектроскопія просвітлення (Transmission Spectroscopy) – це метод спектроскопії, що використовується для вивчення взаємодії матеріалів з електромагнітним випромінюванням, що проходить крізь них. Основна ідея полягає в тому, щоб виміряти спектральне розподілення інтенсивності світла, яке проходить через зразок.

Спектроскопія просвітлення широко використовується в різних галузях науки та технологій, включаючи фізику, хімію, біологію, матеріалознавство, медицину та інженерію. Вона дозволяє досліджувати різноманітні властивості матеріалів, такі як оптична прозорість, оптичні властивості (коефіцієнти відбивання, пропускання та поглинання світла),

хімічний склад речовини, її структурні властивості (кристалічна або аморфна структура, наявність дефектів, стан поверхні, тощо).

Принцип роботи спектроскопії просвітлення полягає в наступному: світло випромінюється джерелом, потім проходить через зразок, після чого інтенсивність світла вимірюється за допомогою моноколориметра або спектрофотометра. Інтенсивність світла, яка проходить через зразок, залежить від властивостей зразка, таких як оптична прозорість, коефіцієнти поглинання та розсіювання.

Ми обрали як об'єкт дослідження сполуку  $\text{CdI}_2$ , для якої були виготовлені зразки у вигляді плівок відносно великої товщини (~ 400-550 нм). В цьому випадку в спектрі пропускання спостерігається декілька

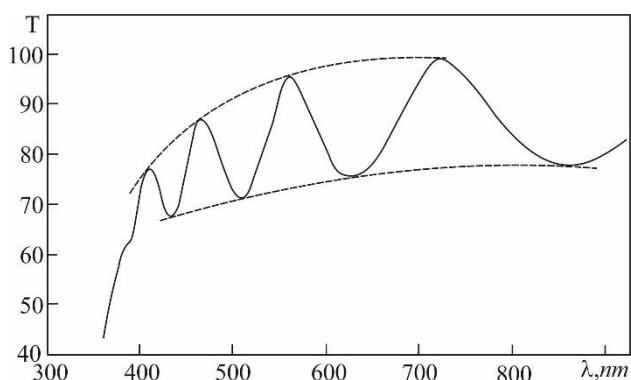


Рисунок 1.

Спектр

інтерференційних полос, що утворюються після багаторазового відбиття від поверхонь плівки.

Мінімуми та максимуми пропускання (рис.1) спостерігаються при довжинах хвиль  $\lambda$ , для яких виконується співвідношення

$$\frac{4\pi n t}{\lambda} = m\pi,$$

де  $m$  – порядок інтерференції,  $t$  – товщина плівки,  $n$  – її показник заломлення.

Використовуючи це співвідношення був розрахований показник заломлення для різних довжин хвиль. Результат розрахунку у вигляді залежності  $n(\lambda)$  представлений на рисунку 2.

Виявилось, що для досліджуваного зразка спостерігається нормальна дисперсія, тобто показник заломлення залежить від довжини хвилі і зменшується з її зростанням.

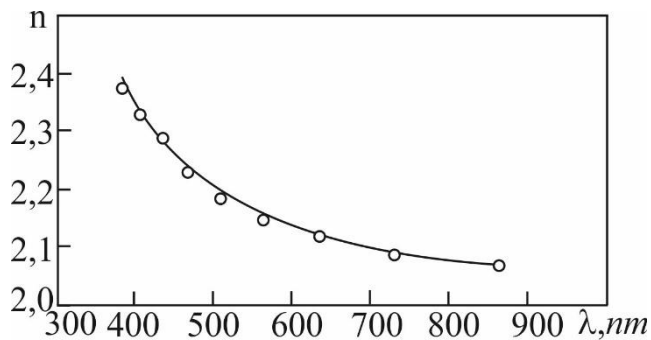


Рисунок 2. Залежність  $n(\lambda)$

Список використаних джерел:

1. Yunakova O.N., Miloslavsky V.K., Kovalenko E.N. Dispersion of refractive index in thin films  $\text{CdI}_2$  and  $\text{ZnI}_2$ //Functional materials. 2010. Vol 17. P. 288-293.

2. J. W. Robinson. Practical Handbook of Spectroscopy: Louisiana State University, 2017. 928 p.



УДК 53.06:[681.84:004.04]

## **ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є ДЛЯ ОПТИЧНОЇ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ**

Славгородський В.А.

Науковий керівник - к.т.н., доцент Чубукін О.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. фізики,  
м. Харків, Україна

e-mail: [viacheslav.slavhorodskiy@nure.ua](mailto:viacheslav.slavhorodskiy@nure.ua)

This report provides an in-depth exploration of the fundamental principles underlying optical recording and information processing, emphasizing the pivotal role of optical technologies in these domains. It delves into the various advantages offered by optical technologies and highlights the Fourier transform as a key method of implementation. The report elucidates the operational principles of the Fourier transform, providing a comprehensive understanding of its mathematical foundations. Additionally, practical applications of these technologies are delineated, schematic representation illustrating the conversion of optical signals through a positive lens is given.

Оптичний запис інформації – це процес запису даних на оптичне середовище за допомогою лазерного променя. Оптичні носії, такі як компакт-диски (CD), DVD-диски та диски Blu-ray, використовуються для зберігання та відтворення різних типів інформації, включаючи аудіо, відео та дані. Процес оптичного запису заснований на використанні світла для створення мікроскопічних змін на поверхні оптичного середовища. Лазерний промінь фокусується на поверхні диска і його інтенсивність змінюється в залежності від даних, що передаються.

Значна частина обробки інформації базується на використанні трансформації Фур'є або інших інтегральних перетвореннях, прямо чи опосередковано пов'язаних з нею. Трансформація Фур'є має велике значення в оптиці, в оптичних процесорах, оскільки при використанні когерентного освітлення (когерентних джерел світла, лазерів) розподіл амплітуди світла в передній і задній фокальних площинах об'єктива пов'язаний двовимірним перетворенням Фур'є.

В основі оптичного перетворення Фур'є лежить унікальна властивість збиральної лінзи: при когерентному світлі розподіл амплітуди випромінювання в задній фокальній площині кришталіка можна представити у вигляді двовимірного комплексного перетворення Фур'є від розподільної функції амплітуди світла в передній фокальній площині кришталіка. Ця властивість прямо впливає з опису оптичного перетворення хвильового фронту ідеальною лінзою на основі теорії дифракції, у приблизному уявленні дифракційного інтегралу Френеля-Кірхгофа в дальньому полі (Фраунгофер) інтегралом Фур'є.

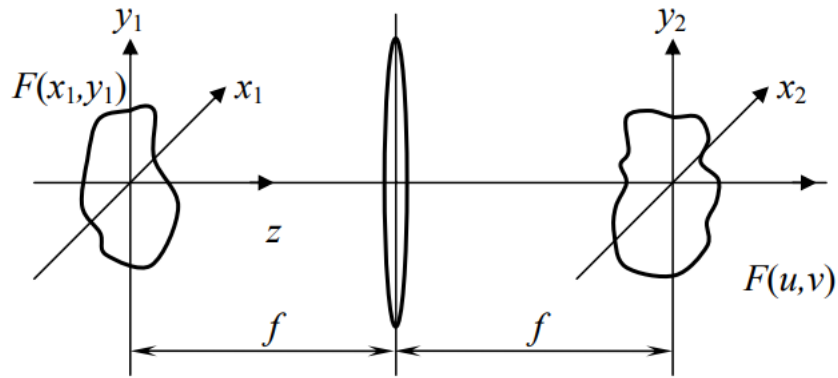


Рис. 1. Перетворення оптичного сигналу тонкою збиральною лінзою

Теорія перетворень Фур'є застосовна незалежно від того, чи є сигнал безперервним (аналоговим) або дискретним (цифровим), якщо він «гарний» і абсолютно інтегровний. Отже, так, аналогове перетворення сигналів використовує перетворення Фур'є до тих пір, поки сигнали задовольняють цьому критерію. Однак, мабуть, частіше говорять про перетворення Лапласа, яке є узагальненим перетворенням Фур'є, в аналоговому перетворенні сигналів. Даний метод широко використовується при вивченні/аналізі/проектюванні електронних фільтрів, які, у свою чергу, використовуються в радіоприймачах/електрогітарах тощо.

Таким чином, можливість використовувати FFT (Fast Fourier Transform/Швидке Перетворення Фур'є) для виконання типової операції (наприклад, множення многочленів) набагато швидше - це те, що робить її корисною, і саме тому люди зараз в захваті від нового відкриття Массачусетським технологічним інститутом (МТІ) розрідженого алгоритму FFT.

За допомогою нового алгоритму, званого розрідженим перетворенням Фур'є (SFT), потоки даних можуть оброблятися в 10-100 разів швидше, ніж це було можливо з FFT. Прискорення може відбуватися тому, що інформація, яка нас найбільше цікавить, має велику структуру: музика – це не випадковий шум. Ці значущі сигнали, як правило, мають лише частину можливих значень, які сигнал може прийняти; Технічний термін для цього полягає в тому, що інформація є «розрідженою».

#### Список використаних джерел:

1. <https://dsp.stackexchange.com/questions/69/why-is-the-fourier-transform-so-important>
2. <https://byjus.com/maths/fourier-transform/#:~:text=Fourier%20transform%20is%20used%20in%20a%20wide%20range,Image%20Analysis%203%20Image%20Filtering%204%20Image%20Reconstruction>

УДК 621.373.826:539.122

## ЛАЗЕРНИЙ ОСВІТЛЮВАЧ ДЛЯ НАУКОВИХ ОПТИЧНИХ ПРИБЛІДІВ

Смехов І.В.

Науковий керівник – к.ф.-м.н., доц. Калінін В.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. фізики  
м. Харків, Україна

e-mail: [ivan.smekhov@nure.ua](mailto:ivan.smekhov@nure.ua)

The use of artificial lighting in modern scientific instruments to obtain photos or clips that can best demonstrate states or processes in any real conditions requires the use of powerful universal light sources. The paper proposes one method of using lasers as the main illuminator element for a microscope in complex conditions when the light power of standard devices is insufficient. The use of an additional device capable of bypassing the complexities associated with the coherence of laser beams is considered. The experience gained in experiments is presented.

Якість та інформативність наукових фотознімків та кінофрагментів у значному ступені пов'язані з особливостями освітлення об'єктів досліджень. Використання штучного освітлення потребує відповідних джерел світла. Довгий час найбільш простими, дешевими та ефективними вважаються електричні лампи розжарювання. Вони і досі всюди використовуються у більшості мікроскопів з поляризаційними, інтерферометричними та іншими властивостями, які працюють на принципах відбивання світла або проходження світла крізь прозорий об'єкт. Але вони мають суттєві недоліки: великі розміри нитки розжарювання, малий світловий потік, вузький спектральний склад випромінювання зі зміщенням в інфрачервону область та інші.

В демонстраційних приладах, у швидкісних кінокамерах та в інших випадках, які потребують великих світлових потоків, здавна використовують електродугові освітлювачі [1]. Вони суттєво допомагають досягненню поставленої мети, але потребують громіздкого електрозабезпечення в зв'язку з підвищеними значеннями електричного струму та з необхідністю довготривалого підтримання електричної дуги.

Сучасні наукові задачі потребують сучасних методів та приладів для їх розв'язування [2]. Тому природно звернути увагу на пропозицію використати у якості джерела світла лазер тієї потужності та довжини хвилі випромінювання, які дадуть більший ефект.

В даній роботі розглядається використання газового лазера у якості освітлювача для оптичного мікроскопа з насадкою для фотографування у варіанті проходження світла крізь прозору речовину.

Об'єктом спостереження були округлі пустотні утворення – пори, розміром в долі міліметра в тілі прозорого природного кристалу NaCl. За планом експерименту сам кристал знаходився у спеціальній печі при температурі 500-700 градусів за Цельсієм. Коли до кристалу приєднували електроди і створювали електричне поле, то пори переміщувалися. Умови для освітлення пор і реєстрація їх положення були складними, тому отримання фотографій за допомогою стандартного освітлювача потребувало непомірно довгих фотоекспозицій.

Перші досліди з лазером у якості освітлювача показали, що когерентність променів стає перешкодою для спостереження і отримання фотографій, тому що на численних рисках, частинках пилу та інших маленьких дефектах поверхонь і об'єму скляних лінз та кристалу виникає дифракція. Тоді в окулярі мікроскопу спостерігаємо нерухому та нерегулярну картину переплетених ліній, у якій «птопають» контури пор.

Рятувальною стала ідея, яка полягала в тому що картину дифракції треба зробити рухомою, тобто створити умови, при яких ця картина буде дуже швидко змінюватися випадковим чином. Тоді за проміжок часу експозиції буде проходити процес усереднення і вирівнювання потоку освітлення кожної ділянки фотоплівки, а контури пор будуть у фокусі виглядати нерухомими.

Експериментальне втілення задумки зійшлося на тому, що між лазером та об'єктом встановлюється кругле матове скло з віссю паралельною променям, яке обертається з регульованою швидкістю, достатньою для надійного знищення на фотографіях ознак дифракції.

При цьому лазерний промінь може бути розташований відносно вісі обертання в межах радіусу матового скла. Окремі дослідження проводились з саморобними матовими поверхнями скляних кругів, створеними шляхом нанесення подряпин абразивною бумагою. Висновки свідчать, що за інших однакових умов, коли була подряпана лише одна сторона скла, бажаний ефект був пропорційний відносній величині рушеної поверхні. Найкращі результати одержані для кругів з подряпинами на обох боках. Зменшення освітлення, яке пов'язане з розсіянням променів, не може вважатися суттєвим недоліком, тому що легко компенсується вибором лазера.

Список використаних джерел:

1. URL: <https://youtu.be/zs7x1Hu29Wc>
2. "Handbook of Laser Technology and Applications" edited by Colin E. Webb and Julian D. C. Jones

**БАЛІСТИЧНІ ТА КРИЛАТІ РАКЕТИ: СПОСОБИ НАВЕДЕННЯ**

Стеблін Є.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Орел Р.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики,

м. Харків, Україна

e-mail: [yevhenii.steblyn@nure.ua](mailto:yevhenii.steblyn@nure.ua)

The work examines existing navigation systems for ballistic and cruise missiles. The physical principles of operation of the inertial navigation system and the features of its use are described. Strategies to improve the accuracy of an inertial navigation system through integration with systems such as GPS or radar systems are shown.

Балістичні та крилаті ракети представляють собою категорії високоефективного озброєння, які визначаються як одні з найпотужніших у сучасному світі, здатних демонструвати високу точність на значних відстанях. Балістична ракета працює на основі принципу корегування під час активної фази польоту до моменту вимкнення двигуна. Після вимкнення двигуна ракета слідує балістичною траєкторією. Крилаті ракети представляють собою компактні безпілотні літальні апарати з турбореактивним двигуном та системою навігації, спроектованою для забезпечення мінімальної висоти з метою досягнення максимального рівня непомітності перед радіолокаційними системами. У випадку розташування пускової установки на землі передбачено використання стартового прискорювача, який активується перед увімкненням маршового двигуна [1].

Основною системою навігації ракет залишається інерціальна, однак для досягнення більшої точності використовується комбінація інерціальної системи та додаткових систем коригування.

Розглянемо складові інерціальної навігаційної системи (ІНС) та принцип її роботи. ІНС складається з 4 блоків (рис.1):

- 1 – Блок введення початкової інформації;
- 2 – Блок часу;
- 3 – Блок інерційних вимірювачів;
- 4 – Обчислювальний блок.

Принцип роботи ІНС полягає в наступному. Початкова інформація А (початкові параметри маршруту) подається через блок 1 в блоки 2, 3 і 4 для орієнтації інерційних вимірювачів та інтегрування основного рівняння.

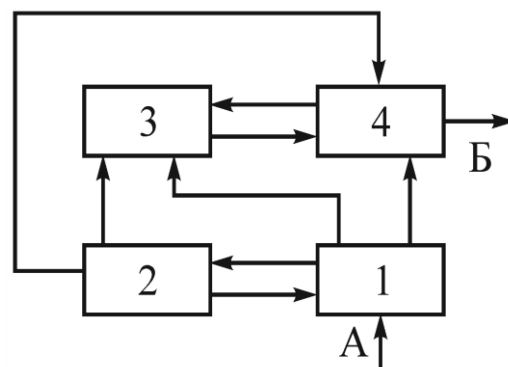


Рис. 1 – Блок схема ІНС

З блоку 2 сигнали світового часу надходять в блоки 1, 3, 4 для синхронного функціонування системи. В блоці 3 генеруються команди для побудови напрямків в просторі з використанням акселерометрів та гіроскопічних пристроїв, який вже надає інформацію для блоку обчислення, де відбувається розрахунок необхідних параметрів руху. В блоці 4 проводяться інтегрування основного рівняння, розрахунок необхідних параметрів руху і формування потоку Б кінцевих команд і сигналів про параметри руху виконуючи пристрої [2].

Розглянемо складові 3 блоку інерційних вимірювання та на яких законах вони базуються. Гіроскопічні пристрої представляють собою електромеханічні засоби, обладнані гіроскопами та датчиками для вимірювання положення об'єкта з метою стабілізації чи визначення його положення. У своєму різноманітті гіроскопів, особливу увагу приділимо механічному гіроскопу, що ґрунтується на фундаментальному законі фізики – законі збереження імпульсу. Зазначено, що у замкненій системі загальний імпульс тіл зберігається, а це обумовлюється обертливим рухом масивного твердого тіла, відомого як ротор, що є носієм кінетичного моменту та забезпечує сталість напрямку [2].

Акселерометр (рис.2), як пристрій для вимірювання прискорення, ґрунтується на другому законі Ньютона, який описує взаємодію маси тіла та прикладеної до нього сили. Його основна конструкція включає чутливий елемент, або сейсмічну масу, яка, взаємодіючи з гнучким з'єднанням (пружиною), зміщується при виникненні прискорення. Вимірюючи зміну положення цього елемента, визначається прискорення об'єкта [2].

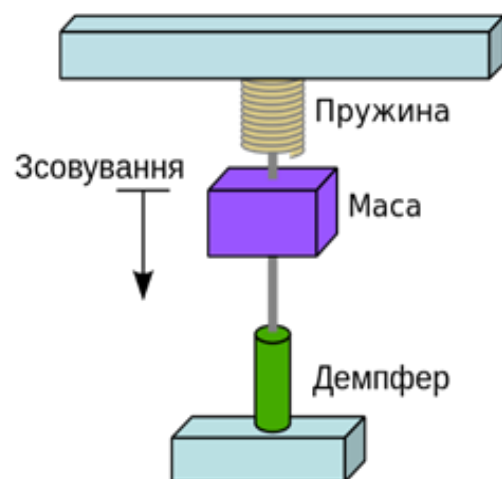


Рис. 2 – Акселерометр

Для крилатих ракет важливо забезпечити мінімальну висоту та непомітність, тому вони використовують комбінацію інерціальної системи навігації та системи TERCOM (TerrainContourMatching). Ця система ґрунтується на порівнянні контуру місцевості з актуальним рельєфом у ході польоту за допомогою вбудованого радіолокатора-альтиметра та розрахунком її поточної висоти. Це дозволяє використовувати рельєф як маскування від радіолокаційних систем.

Інерціальні системи навігації автономні, мають високу стійкість до перешкод та здатність до автоматизації навігаційних процесів, визначаючи їхню ключову роль у сучасних навігаційних системах. Однак наявність накопичених похибок в ІНС може призвести до відхилень вимірювань від реального положення об'єкта.

Для усунення похибок в роботі інерціальних систем навігації застосовуються додаткові системи коригування, такі як супутникові системи навігації і радарні системи.

Наведення за допомогою супутникових систем використовує інформацію від систем супутникового позначення, таких як GPS або GLONASS. Чіп GPS у ракеті отримує вказівки від супутників, що забезпечує точне наведення на нерухомі цілі.

Корегування ракет за допомогою радару - ефективний метод управління крилатими ракетами. Бойові кораблі використовують управлінські радіолокаційні станції для підсвічування цілей. Ракети можуть бути оснащені активними або пасивними радіолокаційними системами, які дозволяють їм автономно наводитися на нестатичні цілі навіть поза зоною видимості основного радару.[1]

Інерціальні навігаційні системи постійно розвиваються і вдосконалюються, тому перспективи цих систем навігації є багатообіцяючими. З продовженням прогресу технологій очікується, що ІНС стануть ще точнішими, надійнішими та універсальнішими. Мініатюризація компонентів та вдосконалення сенсорних технологій сприятимуть створенню більш компактних та ефективних ІНС.

У майбутньому ІНС можуть зіграти важливу роль у системах автономної навігації для різних платформ, включаючи безпілотні літальні апарати, автономні транспортні засоби. Інтеграція ІНС з іншими системами навігації підвищить загальну точність та надійність навігації. Вдосконалення алгоритмів обробки даних та штучного інтелекту сприятиме оптимізації функціонування ІНС та покращить їхню точність та ефективність.

#### Список використаних джерел:

1. Missile Defence Advocacy Alliance, Cruise Missile Basics. URL: <https://missiledefenseadvocacy.org/missile-threat-and-proliferation/missile-basics/cruise-missile-basics>
2. DEWESoft, Grant Maloy Smith: What Is an Inertial Navigation System? URL: <https://dewesoft.com/blog/what-is-inertial-navigation-system>

**КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ  
ПЛАЗМОВИХ КОЛИВАНЬ ПРИ ГЕНЕРАЦІЇ ПЛАЗМОНІВ В  
МОДЕЛІ ХОЛОДНОЇ ПЛАЗМИ МЕТОДОМ PARTICLE-IN-CELL**

Тертишний К.А.

Науковий керівник – доцент Чубукін Олександр Сергійович  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. фізики,  
м. Харків, Україна

e-mail: [kostiantyn.tertyshnyi@nure.ua](mailto:kostiantyn.tertyshnyi@nure.ua)

e-mail: [oleksandr.chubukin@nure.ua](mailto:oleksandr.chubukin@nure.ua)

In the work it has been shown, that the most appropriate physical model to describe plasma oscillations at plasmon generation is the cold plasma model, where to obtain an expression for the plasma oscillation we use the standard fluid equations. Special attention in work paid to the use of the Particle-In-Cell method, with the help of which, simulation and visualization of plasma oscillations were carried out, using the software code MathCad.

Плазму вважають одним із первородних станів матерії у Всесвіті. Майже 99 % видимого Всесвіту складається з плазми [1].

В плазмі вільні електрони мають можливість рухатись. При цьому, вони мають малу інерцію і велику теплову швидкість, внаслідок чого вони більш рухливі, ніж іони [2]. Під час моделювання руху частинок в плазмі, іони прийнято розглядати як статичний фон [3]. Висока теплова швидкість електронів швидко віддаляє їх від іонного фону. Кожний акт віддалення породжує електричне поле, яке притягує електрони назад до іонів і електрони починають рухатися в протилежному напрямі. Таким чином створюються коливання електронів навколо іонів, які називаються *плазмовими коливаннями*, а квант таких коливань - *плазмоном*.

При фізичному моделюванні плазмових коливань використовувалась модель холодної плазми, згідно з якою в якості вхідних параметрів взято *густину електронів  $n_e$ , швидкість руху електронів  $v_e$ , та напруженість електричного поля  $E$* , а в якості вихідних – *плазмову частоту*. Усі ці змінні поділено на дві складові: одну - рівноважну, а іншу - таку, що виникає внаслідок збурень. Таким чином, *густина електронів, їх швидкість руху та електричне поле* запишуться як:

$$n_e = n_0 + n_1; \quad v_e = v_0 + v_1; \quad E = E_0 + E_1$$

Тут знак "0" означає рівноважну частину при відсутності коливань, а "1" - що виникає в результаті збурення коливань.

Для отримання виразу, що описує коливання плазми використовуються *рівняння безперервності (1), закон зміни імпульсу (2) (другий закон Ньютона), а також рівняння Пуассона(3)*



$$\frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial(nv)}{\partial x} = 0 \quad (1); \quad \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} = - \left( \frac{e}{m_e} \right) E \quad (2); \quad \frac{\partial E}{\partial x} = \left( \frac{e}{\epsilon_0} \right) (n_i - n_e) \quad (3)$$

Лінеаризуючи *рівняння безперервності* (1), отримуємо:

$$\frac{\partial}{\partial t} (n_0 + n_1) + \frac{\partial}{\partial x} (n_0 + n_1)(v_0 + v_1) = 0 \quad (4)$$

Оскільки  $n_0$  є незмінним членом, то її похідна першого порядку за часом дорівнює нулю. Усі інші члени, рівняння (4), є або членами вищого порядку, або постійними членами. Нехтуючи ними маємо:

$$\frac{\partial n_1}{\partial t} + n_0 \frac{\partial v_1}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

Величини, що коливаються, поводяться синусоїдально. Тому  $n_1 = n_1 \exp(i(kx - \omega t))$ ;  $v_1 = v_1 \exp(i(kx - \omega t))$ ;  $E = E \exp(i(kx - \omega t))$

Зробивши в (5) перетворення (заміну)

$$\frac{\partial}{\partial t} (\exp(i(kx - \omega t))) \rightarrow -i\omega, \quad \text{та} \quad \frac{\partial}{\partial x} (\exp(i(kx - \omega t))) \rightarrow ik \quad (5)$$

Отримаємо рівняння (1),(2),(3) у вигляді:

$$\omega n_1 = kn_0 v_1 \quad (6), \quad i\omega v_1 = \frac{eE_1}{m_e} \quad (7), \quad ik\epsilon_0 E_1 = -en_{e1} \quad (8).$$

Комбінуючи (5)-(7) отримуємо вираз для плазмової частоти:

$$\omega = \sqrt{\frac{n_0 e^2}{m_e \epsilon_0}}$$

Для комп'ютерного моделювання та візуалізації плазмових коливань в моделі холодної плазми було використано Particle-In-Cell метод, згідно якого як електрони та іони, моделювались як дискретні об'єкти, що переміщувались у безперервному полі, а їх стан обчислювався на відповідній обчислювальній сітці [4,5]. В якості обчислювальної сітки було вибрано розгорнуте в лінію кільце (рис.1), де 2 два червоних вузли, являють собою один і той самий вузол в якому розташований іон. Сітка має 9 вузлів та 8 комірок. Перший вузол вважається-нульовим, а останній - восьмим.



Рисунок. 1 Обчислювальна сітка.

Параметри плазмових коливань, відповідно до кожної з комірок визначались за наступним Particle-In-Cell алгоритмом:

1. Завантаження чисельних параметрів частинок ( $m_e, m_i, e, q_i$ ) що відповідають реальним іонам і електронам.

2. Задання положення частинки в просторі для розрахунку густини заряду.

3. Вирішення рівняння Пуассона, (для визначення значення

електричного потенціалу у плазмі); 
$$\nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$$

4. Розрахування величини напруженості електричного поля ( $\vec{E} = -\nabla \varphi$ )

5. Визначення швидкості частки з другого закону Ньютона ( $m\vec{a} = q\vec{E}$ )

6. Визначення розташування частинок за допомогою рівняння ( $\Delta \vec{x} = -\vec{v} \Delta t$ )

За визначеним вище алгоритмом на основі Mathcad було написано програмний код, який дозволяв візуалізувати плазмові коливання у вигляді залежності позиції електрона від часу (рис. 2).

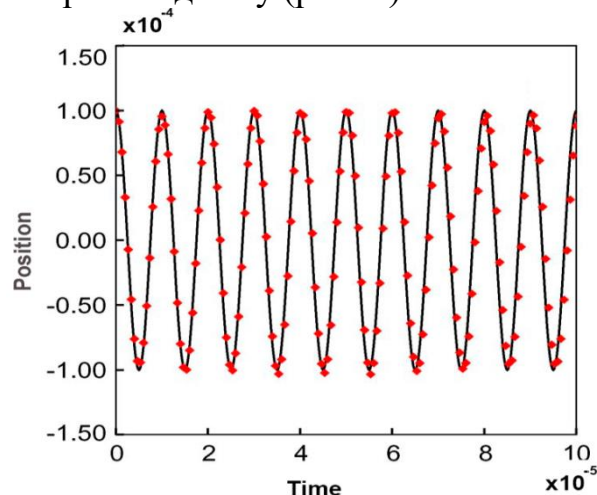


Рисунок 2. Моделювання коливань плазми. Чорна крива - теоретичне передбачення, червоні мітки - результат, отриманий за допомогою моделювання.

Список використаних джерел:

1. F. Chen, *Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion* (Springer International Publishing, Cham, 2016)

2. J.A. Bittencourt, *Fundamentals of Plasma Physics*, 3rd edn. (Springer, New York, 2004)

3. H. Motz, Plasma oscillations. *Rep. Prog. Phys.* 29(2), 305 (1966).

4. A.L. Langdon, C.K. Birdsall, *Plasma Physics Via Computer Simulation*, 1st edn. (Taylor & Francis, New York, 2005)

5. The calculation of wound tubular manometric springs sensitivity of average thickness by the shells theory method / O. Chubukin // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. - 2018. - № 1. - С. 146-152.

## ВИКОРИСТАННЯ ЕКСИТОННИХ СПЕКТРІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ШИРИНИ ЗАБОРОНЕНОЇ ЗОНИ НАПІВПРОВІДНИКА

Ткаченко А. М.

Науковий керівник – к.фіз.-мат.н., доц. Коваленко О. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. Фізики,  
м. Харків, Україна

e-mail: [anastasiia.tkachenko3@nure.ua](mailto:anastasiia.tkachenko3@nure.ua)

In this work, we study the effect of excitons on the absorption spectra of solids. The study of exciton absorption spectra makes it possible to investigate the optical and structural properties of solids by a non-destructive method. The spectrum of the semiconductor  $\text{Cs}_3\text{Cu}_2\text{I}_5$  is studied in this work. Several exciton bands are observed in the absorption spectrum. The study of the spectral series of exciton bands allowed us to determine the width of the band gap of the compound, the exciton binding energy and its radius.

Спектр поглинання є важливим інструментом для дослідження та аналізу фізичних властивостей матеріалів і знаходить широке застосування у наукових дослідженнях, промисловості, медицині та інших галузях.

Спектри поглинання напівпровідників і діелектриків виявляють дві характерні області: область відносної прозорості, де коефіцієнт поглинання невеликий, і область надзвичайно сильного поглинання (коефіцієнт поглинання дорівнює  $10^5$ - $10^6$   $\text{cm}^{-1}$ ). Область сильного поглинання має край, який у ряду напівпровідників обривається дуже різко. Край поглинання характеризує мінімальну енергію, необхідну для переходу електрона з верхнього краю валентної зони на нижні рівні забороненої зони (рис. 1).

Цікавість представляє порівняно вузька енергетична область поглинання, що безпосередньо примикає до краю власного поглинання, так зване екситонне поглинання. Екситоном називають стан, в якому знаходяться електрон та пов'язана з ним дірка. Вони можуть залишатися локалізованими біля свого атома (екситони Френкеля) або це можуть бути стан електрон зони провідності та дірка валентної зони (екситон Ваньє-Мотта). У напівпровідниках зазвичай реалізується друга модель.



Рис. 1. Зонна схема напів-  
провідника

Утворення стійкої системи електрона та дірки можливе лише за досить низьких температур. У тих випадках, коли енергія зв'язку екситону стає порівнянною з енергією теплових коливань решітки, екситон руйнується і лінії в спектрі поглинання зникають.

Для того, щоб дослідити екситонний спектр був обраний зразок

сполуки  $\text{Cs}_3\text{Cu}_2\text{I}_5$  у вигляді тонкої плівки. Спектри поглинання плівки вимірювалися у широкому інтервалі довжин хвиль (0,2-1,2 мкм) при азотній та кімнатній температурах.

При  $T=90$  К (температура рідкого азоту) у спектрі досліджуваної речовини спостерігалось декілька полос поглинання (рис.2). Їх положення наведені в таблиці 1. При підвищенні температури до  $T=290$  К (кімнатна температура) усі смуги поглинання, крім С-смуг, зсуваються в область

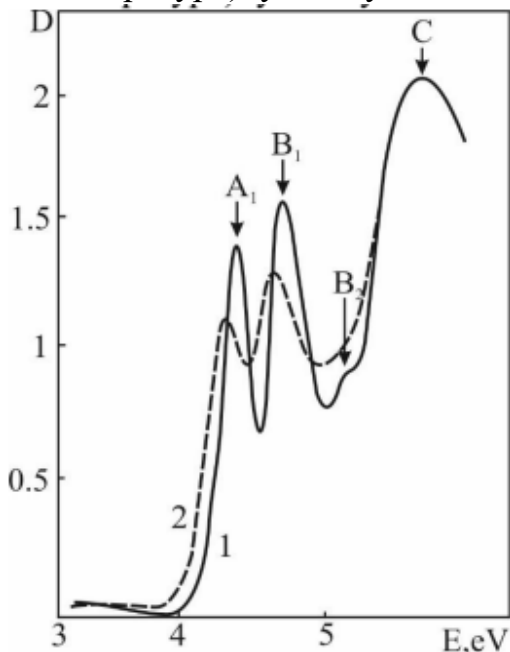


Рис. 2. Спектр поглинання тонких плівок  $\text{Cs}_3\text{Cu}_2\text{I}_5$ ; 1-90 К, 2-293 К.

низьких частот, поширюються та послаблюються, що вказує на їх екситонне походження. На це ж вказує їх порівняльна вузькість. С-смуги широкі, не відчувають помітного зсуву та розширення зі зростанням температури, що свідчить про їх зв'язок із міжзонними переходами.

$A_1$ - та  $B_1$ -смуги в  $\text{Cs}_3\text{Cu}_2\text{I}_5$ , виходячи з їх інтенсивності, відповідають збудженню екситонів в основний стан (1s-смуги) і примикають до краю прямих дозволених міжзонних переходів.  $B_2$ -смуга пов'язана з збудженням екситонів з стану з головним квантовим числом  $n=2$  (2s-смуги). Вважаючи, що  $B_1$  та  $B_2$ -смуги створюють екситонну серію, головною лінією якої є  $B_1$ -смуга, оцінимо енергію зв'язку екситонів:  $R_{ex} = 4/3(E_{B1} - E_{B2})$ .

Припускаючи, що найбільш довгохвильовій  $A_1$ -смугі відповідає екситон з тією ж енергією зв'язку, можна знайти ширину забороненої зони сполук  $E_g = E_{A1} + R_{ex}$ . В рамках моделі екситонів Ваньє-Мотта можна також оцінити також радіус екситону в основному стані:  $a_{ex} = (a_B R) / (R_{ex} e)$ . Результати розрахунку наведено в табл. 1

Таблиця 1.

Сполука	$E_{A1}, \text{eV}$	$E_{B1}, \text{eV}$	$E_{B2}, \text{eV}$	$E_C, \text{eV}$	$E_g, \text{eV}$	$R_{ex}, \text{eV}$	$a_{ex}, \text{Å}$
$\text{Cs}_3\text{Cu}_2\text{I}_5$	4,45	4,80	5,23	5,82	5,02	0,57	2,8

#### Список використаних джерел:

1. Ruta F.L., Zhang S., Shao, Y. Hyperbolic exciton polaritons in a van der Waals magnet// Nature Communications. 2023. Vol 14, 8261.
2. Kovalenko E.N., Yunakova O.N., Yunakov N. N. Exciton absorption spectrum of thin films of ternary compounds in the  $\text{CsCl-CuCl}$  system //Low Temperature Physics. 2023, Vol. 49, No. 10, P. 1308–1313.

**NEAR FIELD COMMUNICATION(NFC) TECHNOLOGY**

Tokhtamysh M.S

Scientific adviser – Professor of the Department of Physics,  
Prof. Storozhenko V.OKharkiv National University of Radio Electronics, Department of  
Physics, Kharkiv, Ukrainee-mail: [mariia.tokhtamysh@nure.ua](mailto:mariia.tokhtamysh@nure.ua)

Human communication has changed throughout history. Most methods of communication now use electromagnetic waves to carry information. One invention that revolutionized communication between devices was Near Field Communication (NFC), which uses a type of short-range radio wave. The work given offers a fundamental comprehension of the functioning of NFS technology. It also describes the differences in active and passive devices that participate in the data transfer process.

In 2004, Nokia, Sony, and Philips partnered to create a standard for Near Field Communication (NFC) technology. NFC works on the principle of near-field magnetic communication. This principle is based on inductive coupling, which is used in all communications between transmitting and receiving devices that rely on near-field magnetism. Figure 1 illustrates the simplified concept of inductive coupling. When a primary coil generates an alternating magnetic field, a secondary coil placed in the vicinity of the primary coil becomes inductively coupled with it. This results in the generation of an induced alternating magnetic field according to Faraday's law. This way it is formed the basic principle behind wireless power transfer between devices within the near-field region.

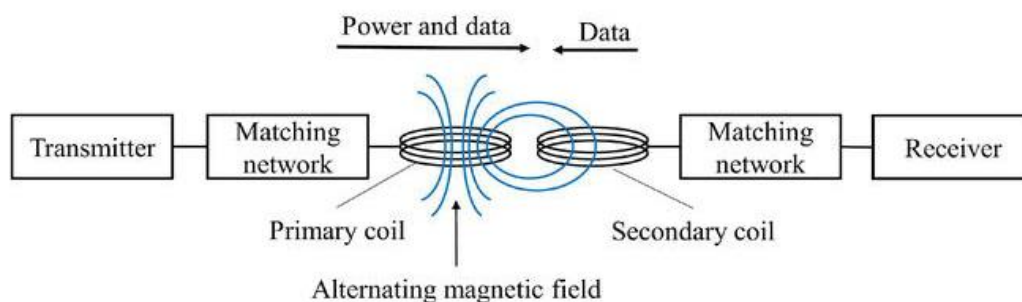


Figure 1 - Inductive coupling between transmitter and receiver coils

NFC-enabled devices can communicate with each other in two modes: active and passive. These modes determine how the devices communicate with each other, based on whether a device generates its own RF field or uses power from another device. In communication, one device is the initiator, which starts the connection, and the other is the target, which receives the signal. The main differences between passive technologies (such as NFC, Chipless RFID, and UHF RFID) and active technologies (such as Bluetooth) are their properties.

Passive Near Field Communication (NFC) devices are small electronic devices that enable the wireless transfer of data to other NFC-compatible devices within proximity. These devices do not require a power source of their own to function, relying instead on the electromagnetic energy emitted by active devices to power their data transmission. However, passive NFC devices are not capable of processing any data sent from other sources, nor are they able to connect to other passive components. One common use case for passive NFC devices is as emulated contactless smart cards, such as credit cards, debit cards, and loyalty cards.

On the other hand, active NFC devices are a step ahead of their passive counterparts, as they possess the ability to both transmit and receive data. These devices are highly versatile in their communication capabilities, as they can seamlessly interact with other active NFC devices as well as passive ones. Smartphones are a perfect illustration of active NFC devices, as they can be utilized to send and receive data from other NFC-enabled devices. Furthermore, active NFC devices like card readers in public transport and touch payment terminals have revolutionized contactless transactions by effectively utilizing this technology to provide secure and efficient transactions.

NFC technology is incredibly versatile and has many benefits. One of its most notable features is the ability to replace physical credit cards and cash with a virtual wallet stored on an NFC-enabled device. This is a convenient way for users to avoid carrying multiple cards. NFC technology is also secure with encryption and tokenization measures in place to protect sensitive credit card information during transactions. As a result, users can feel confident that their transactions and privacy is protected.

Overall, NFC technology offers substantial benefits to both businesses and customers. It is an efficient and secure option that can streamline transactions and enhance user experience.

#### List of references:

1. Lawton G. What is near-field communication (NFC). Mobile Computing.  
URL: <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/Near-Field-Communication> (date of access: 02.02.2024).
2. Narayanamoorthy M. NFC and payments. LinkedIn: Log In or Sign Up.  
URL: <https://www.linkedin.com/pulse/nfc-payments-mukesh-narayanamoorthy> (date of access: 29.01.2024).
3. Near-Field communications (NFC) for wireless power transfer (WPT): an overview. IntechOpen – Open Science Open Minds | IntechOpen.  
URL: <https://www.intechopen.com/chapters/75600> (date of access: 03.02.2024).
4. Tardi C. Near field communication (NFC) definition. Investopedia.  
URL: <https://www.investopedia.com/terms/n/near-field-communication-nfc.asp> (date of access: 01.02.2024).

УДК 004:681.84

## ДОСЛІДЖЕННЯ АНАЛІЗУ АУДІО СПЕКТРА ЗВУКУ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ARDUINO

Українець В.О.

Науковий керівник – к.т.н., доцент Хаханова Г.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. АПОТ,  
м. Харків, Україна

e-mail: [vladyslav.ukrainets@nure.ua](mailto:vladyslav.ukrainets@nure.ua)

This article is devoted to the study of the efficiency of audio spectrum analysis using the Arduino microcontroller. The paper discusses the main aspects of audio signal analysis, as well as methods and approaches to improving audio data processing methods in order to improve the quality and accuracy of obtaining spectral characteristics of audio signals. The study shows that improving audio data processing algorithms can significantly improve the quality of audio information analysis and ensure its more efficient use in various fields, from entertainment and advertising to the development of new products and technologies.

**Вступ.** Аналіз аудіо спектру в сучасному світі є однією з ключових складових в обробці та розумінні звукової інформації. Розширення технологічних можливостей у цій області дозволяє виявити багато цікавих деталей, які відображають властивості аудіо матеріалів. У цьому дослідженні акцент зроблено на використанні методів аналізу аудіо спектру, зокрема фокусуючись на розгляді методів та підходів аналізу спектральних характеристик звукових сигналів. Дана робота спрямована на розгляд

можливостей вдосконалення та оптимізації методів обробки аудіо даних, окрема з метою поліпшення якості та точності отримання спектральних характеристик звукових сигналів

Джерело: інформаційна база для дослідження аналізу аудіо спектру на базі мікроконтролера Arduino включає теоретичні основи аналізу аудіо сигналів, методи дослідження спектральних характеристик звукових сигналів та практичні інструкції щодо використання Arduino для проведення аналізу аудіо даних.

Мета дослідження – пошук найефективніших методів обробки звукових хвиль з високою точністю та швидкістю. Аудіо сигнали містять складну інформацію, яка використовується у різних галузях, від розваг та реклами до розробки програмного забезпечення та аналітики звуку для створення нових продуктів. Тому розуміння та ефективне використання методів аналізу аудіо спектру мають важливе значення для розробки технологій, що здатні чітко обробляти та аналізувати звукову інформацію в різних галузях.

Завдання – аналіз існуючих методів: проведення огляду та аналізу

існуючих методів обробки аудіо спектра, зокрема використання алгоритмів для аналізу звукових сигналів.

Вдосконалення алгоритмів: розробка та теоретичне обґрунтування покращених алгоритмів для аналізу аудіо спектра з урахуванням зменшення

шуму та підвищення точності визначення акустичних характеристик. Реалізація на Arduino: Імплементация нових алгоритмів аналізу аудіо спектра на платформі Arduino з метою оцінки їхньої ефективності та можливостей застосування у реальних умовах.

**Зміст дослідження.** Поділ аудіосигналу на фрейми є важливим етапом в обробці звукової інформації. Цей процес включає розділення цифрового аудіосигналу на короткі часові інтервали, відомі як фрейми. Визначення оптимальних параметрів для фреймів, таких як їхні розміри та частота оновлення, є ключовим для ефективного аналізу сигналу. Під час розбиття сигналу на фрейми, кожен із них може бути окремо проаналізований чи порівняний з іншими фреймами. Це дає можливість виконувати різноманітні операції обробки та аналізу, такі як визначення звукових шаблонів, ідентифікація характеристик сигналу та розпізнавання акустичних подій. Під час обробки аудіосигналів застосовується метод віконування, де звукові дані розділяються на фрагменти або вікна для подальшого аналізу. Функція вікна впливає на кінцевий результат такого розділення. Вона дозволяє контролювати внесок кожного фрагменту у власне аналізований сигнал, вирівнює артефакти та допомагає уникнути появи спотворень на краях вікна, які можуть виникнути в результаті різниці в амплітуді на початку та кінці фрагменту. Ця функція зазвичай представляє собою математичну формулу або послідовність чисел, які застосовуються до кожного сегмента сигналу для його згладжування та оптимізації для подальшого аналізу і фільтрації.

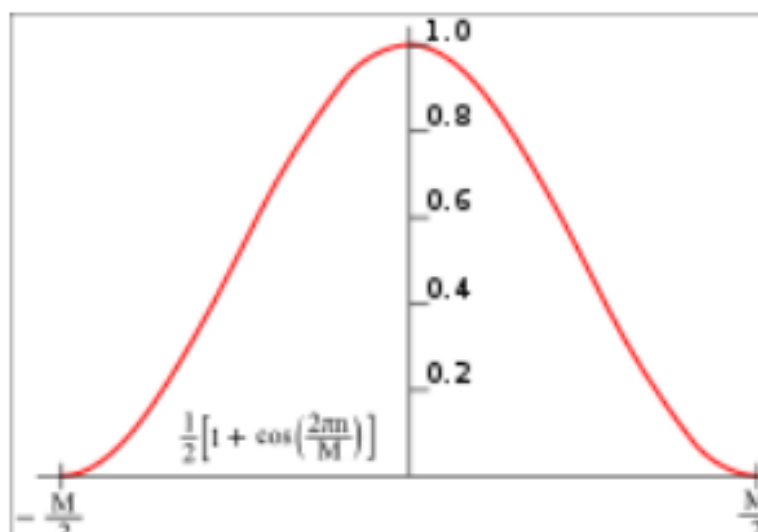


Рисунок 1 – Графічне зображення віконної функції



Фільтрація шумів є ключовим етапом в обробці аудіосигналів, спрямованим на зменшення або видалення небажаних компонентів звуку, що можуть впливати на якість аналізу аудіоданих. Мета фільтрації шумів полягає у покращенні якості сигналу шляхом виділення корисної інформації від непотрібних джерел шуму. Для досягнення цієї мети застосовуються різні методи фільтрації, такі як фільтри нижньої частоти, фільтри вищих частот, пасові фільтри та інші. Основною задачею фільтрації шумів є підвищення роздільної здатності частот або амплітуд. Це досягається шляхом виділення частотних компонентів, які важливі для аналізу, та прибирання частот, що містять шуми або незначну інформацію. В процесі фільтрації шумів можуть використовуватися різноманітні алгоритми та методи, включаючи цифрові фільтри, адаптивні фільтри, фільтри Калмана та інші техніки для досягнення максимальної ефективності видалення шумів і збереження корисної інформації в аудіоданих.

**Висновки.** В даній статті було розглянуто важливість аналізу аудіо спектру звуку з використанням мікроконтролера Arduino та його потенційний вплив на різні галузі, від розваг до розробки програмного забезпечення. В ході дослідження було зрозуміло, що оптимізація методів обробки аудіо даних може значно покращити якість та точність отримання спектральних характеристик звукових сигналів. Зосереджуючись на аналізі спектральних характеристик звукових сигналів, було виявлено, що розвиток та вдосконалення алгоритмів обробки аудіо даних може допомогти забезпечити ефективніше використання аудіо інформації в різних сферах життя та бізнесу. Таким чином, подальше дослідження та вдосконалення методів аналізу аудіо спектру є важливим напрямком для подальшого розвитку технологій звукової обробки та аналізу.

#### Список використаних джерел:

1. Smith, J. (2020). "Introduction to Audio Spectrum Analysis." Audio Engineering Society Conference Proceedings, 42, 123-130.
2. Brown, A., & Johnson, M. (2019). "Arduino-Based Audio Spectrum Analyzer." Proceedings of the IEEE International Conference on Audio, Speech, and Signal Processing, 78-82.
3. White, L. (2021). "Improving Spectral Analysis Methods for Audio Signals." Journal of Signal Processing, 15(2), 45-58.
4. Arduino. (n.d.). "Arduino Official Website." Retrieved from <https://www.arduino.cc/>.
5. Gonzalez, R., & Woods, R. (2018). "Digital Image Processing." Pearson Education.

## ГАУС-ГАРМАТА. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ У МИРНИХ ЦІЛЯХ

Черних В.Д.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Орел Р.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
каф. Фізики,  
м. Харків, Україна

e-mail: [viacheslav.chernykh1@nure.ua](mailto:viacheslav.chernykh1@nure.ua)

The operating principle of a Gaussian gun is considered. A list of serious disadvantages of this technology when used for military purposes is given. The possibilities of using Gaussian gun technology in astronautics, medicine, transport and scientific research are shown.

Гаус-гармата – одна з відомих технологій в історії людства. Її можна зустріти у багатьох науково-фантастичних книжках та комп'ютерних ігор. Кожна людина, яка знайома з основами електромагнетизму, може виготовити її. В історії винаходів було багато проектів, які досліджували використання Гаус-гармати у військових цілях, як-от: встановлення на танки, кораблі, використання технології у якості гвинтівки та пістолету.

Однак, ці проекти згорнулися через низку причин:

1. Низький коефіцієнт корисної дії гармати. Лише 1-7% заряду конденсаторів переходять у кінетичну енергію снаряду.
2. Відносно велика витрата енергії.
3. Велика маса і габарити гармати.
4. Достатньо тривалий час перезарядки конденсаторів.

Основою гармати Гауса є соленоїдна котушка індуктивності, всередині якої перебуває ствол, як правило, з діелектрика. В один з кінців ствола вставляється снаряд, зроблений з феромагнетика. При пропусканні електричного струму в соленоїді виникає магнітне поле, яке прискорює снаряд, «втягуючи» його всередину соленоїда. На кінцях снаряда при цьому утворюються полюси, симетричні полюсам котушки, через що після проходження центру соленоїда снаряд притягується в зворотному напрямку, тобто гальмується, тому перший соленоїд вимикається і активується другий соленоїд (рис.1), далі так само наступний тощо [1].

Не дивлячись на безперспективність та невдачі, які спіткали цю ідею при розробці Гаус-гармати у військовій промисловості, вчені перенесли дослідження у використанні технології Гаус-гармати у мирне русло, як, наприклад, космонавтика, медицина та транспорт.

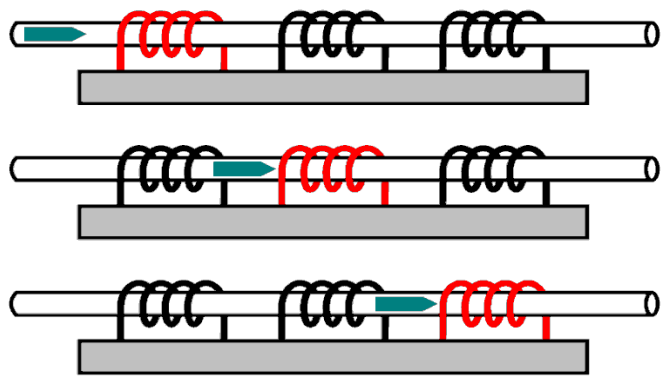


Рисунок 1 – Принцип роботи гармати Гауса

NASA розробляє проект розгону космічного апарату за допомогою електромагнітного поля. Після розгону подальше прискорення апарату, який запускається, надаватимуть власні силові установки. Сам апарат перед досягненням верхніх шарів атмосфери має розвинути швидкість близько 3,2 км/с [2].

Американська компанія SpinLaunch розробляє електромагнітну «катапульта», що дозволить запускати супутники вагою до 100 кг за допомогою електромагнітної центрифуги. Супутник розкручується в центрифугі у вакуумі до потрібної швидкості, а потім шлюз відкривається, і апарат як з праці вистрілюється в космос. Згідно з попереднім проектом SpinLaunch, пускова установка буде діаметром 100 метрів. У момент запуску супутник вагою до 100 буде обертатися зі швидкістю 450 об/хв. На розкрутку повинно витратити часу 1,5 години, а кут запуску становить 35 градусів. Швидкість апарату в момент відриву від центрифуги буде становити близько 2,1 км/с. Цього значення не вистачить для виходу на низьку орбіту, тому проект SpinLaunch все ж таки передбачає включення допоміжних двигунів в атмосфері на висоті близько 60 км [3]. Однак є технічна проблема при використанні цієї катапульти. В момент відриву снаряд має прискорення у 10000 g, що може витримати далеко не все обладнання, не говорячи про людину.

Технологія Гаус-гармати знайшла незвичайне використання у медицині. За даними американських електронних ресурсів, дослідницька група з Університету Х'юстона та Бостонської дитячої лікарні представила новий підхід до внутрішньої медицини: використання групи крихітних неінвазивних роботів-міліботів як гармати Гауса, щоб стріляти ліками або голками для руйнування тромбів прямо в уражену тканину. Гармата Гауса дозволить крихітним пристроям подолати бар'єри між рідинними камерами, або навіть пройти крізь саму тверду тканину. Ця здатність буде критично важливою для доступу до віддалених куточків шлуночкової системи мозку, і матиме негайне застосування при таких хворобах, як гідроцефалія, коли порушується належний потік через ці камери. Краса гармати Гауса полягає в тому, що магніти для МРТ роблять усе:

позиціонують компоненти, заряджають їх і запускають. Після виконання балістичного компонента хірургічної процедури мілібота контроль над міліботом теоретично переходить до стандартної навігації МРТ малої потужності [4].

Одним із найперспективніших застосувань технології Гаус-гармати є поїзди на магнітній підвісці та Hyperloop. Потяги Maglev використовують магнітну левітацію та електромагнітну тягу, щоб підняти поїзд з рейок і просунути його вперед, тоді як Hyperloop використовує трубу низького тиску та технологію maglev для перевезення пасажирів і вантажів на швидкості до 700 миль на годину. Цю концепцію вперше запропонував Ілон Маск у 2013 році, і з тих пір кілька компаній розробляють і тестують прототипи цієї технології [5].

У фізиці плазми Гаус- гармата може бути використана для моделювання процесів у плазмених системах.

Таким чином, застосування технології Гаус-гармати в мирних цілях може мати значний потенціал для різноманітних галузей. Вона може забезпечити ефективно та точно транспортування вантажів, сприяти розвитку екологічно чистого транспорту, підвищувати продуктивність та зручність транспортування, а також сприяти розвитку науки та медицини. Однак перед впровадженням таких систем необхідно провести додаткові дослідження та оцінки з питань ефективності, безпеки та вартості проєктів. Таке використання Гаус-гармат може сприяти сталому розвитку та покращенню якості життя людей.

#### Список використаних джерел:

1. Omble P., Madhavi S., Howal S., Gupta S. A Review on Advancement in Electromagnetic Oil Gun Mechanism. International Journal of Scientific & Engineering Research. Volume 10. Issue 5. May-2019. pp.297–301.
2. Передбачення фантастів стає реальністю, URL: <https://day.kyiv.ua/article/cuspilstvo/peredbachennya-fantastiv-staye-realnistyu>.
3. В космос без ракети: американська SpinLaunch розробляє електромагнітну «катапульти», URL: <https://www.shepetivka.org.ua/post-82533-в-космос-без-ракети-американська-spinlaunch-po.html>.
4. 21st-century medicine: Gauss guns, magic bullets, and magnetic millibot surgeons, URL:<https://www.extremetech.com/extreme/206897-21st-century-medicine-gauss-guns-magic-bullets-and-magnetic-millibot-surgeons>.
5. Electromagnetic Propulsion – Coil Gun, URL: <https://www.emworks.com/blog/coils/electromagnetic-propulsion-coil-gun>.

## **ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ САМОВІДНОВЛЕННЯ КОНДЕНСАТОРІВ**

Черних В.Д.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Орел Р.П.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.

Фізики,

м. Харків, Україна

e-mail: viacheslav.chernykh1@nure.ua

The principle of operation of self-healing capacitors is shown. Examples of situations in which this ability can be realized are given. The advantages and disadvantages of self-healing capacitors are named. The characteristics and features of the capacitors self-healing process are considered.

Конденсатори мають широке використання у радіотехніці. Їхній принцип роботи відомий ще зі шкільної фізики. Однак у деяких конденсаторів є цікава характеристика – вони можуть самовідновлюватися. Така характеристика заощаджує гроші на ремонт техніки, однак це не завжди так. Річ у тім, що самовідновлення конденсаторів діє у деяких випадках, наприклад після навантаження чи тривалого зберігання.

Принцип процесу самовідновлення у конденсаторів з такою властивістю полягає у наступному. У разі локального пробоя діелектрика в місцях зниженого значення електричної міцності (що неминуче пов'язано з неоднорідною структурою діелектрика та великою площею електродів) виникає значна величина щільності струму пробоя. У зоні пробоя діелектрика виділяється енергія, достатня для часткового знищення певної області тонкого металізованого електрода (товщиною 10-20 нм) поблизу каналу пробоя за рахунок електричного вибуху металізованого електрода з подальшим розвитком мікродугового розряду [1].

Зона деметалізації, що утворюється таким чином, ізолює місце пробоя від решти електрода і конденсатор відновлює свою працездатність. Якість самовідновлення залежить від конструкції конденсатора та енергії, що виділилася в зоні пробоя (що має характерні значення десятків-сотень мДж). Площа зони деметалізації може становити одиниці квадратних міліметрів, що відповідає значенню її середнього радіуса на рівні десятих – одиниць міліметрів. Тривалість процесу, що протікає, зазвичай становить одиниці-десятки мікросекунд. Під час охолодження плазми дугового розряду на ділянках деметалізації та в каналі пробоя осідають продукти розкладання діелектрика, передусім - вільний вуглець, який може забезпечити досить високу провідність ушкодженого місця і погіршити характеристики конденсатора загалом. На практиці зазвичай критерієм параметричної відмови конденсатора слугує

величина зниження ємності на рівні 5-10 %, тоді як інші параметри зазвичай не розглядаються[1].

Водночас з фізичними процесами самовідновлення конденсатора відбуваються й хімічні процеси. На прикладі танталового полімерного електролітичного конденсатора хімічне самовідновлення полягає в пропусканні великого струму через дефекти плівки п'ятиокису танталу для генерування значної кількості теплоти, що змушує діоксид марганцю, який використовується як негативний електрод, розкладатися на триоксид марганцю з високим опором і «блокувати» дефекти[2].

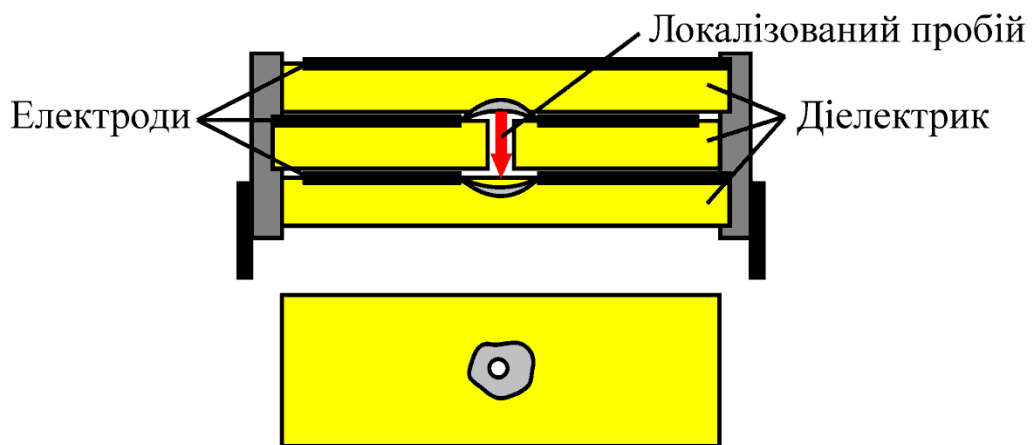


Рис.1 –Спрощена схема процесу самовідновлення

У нижній схемі рисунку 1 показано вид зверху фольги після вигорання точкового дефекту. Здатність металізованих плівок до самовідновлення неодноразово використовується в процесі виробництва плівкових конденсаторів. Як правило, після розрізання металізованої плівки на потрібну ширину будь-які утворені дефекти можна випалити (залікувати), застосувавши відповідну напругу перед намотуванням. Цей же метод також використовується після металізації контактних поверхонь («шупаж») для усунення будь-яких дефектів конденсатора, викликаних процесом вторинної металізації[3].

Самовідновлення конденсаторів має як і переваги, так і недоліки. Як було сказано у вступі вище, ця властивість має економічну вигоду. Самовідновлення може відбуватися багато разів, що може зменшити вартість заміни конденсатора, зменшити вартість обслуговування, скоротити пошук несправностей. Також процес самовідновлення може займати не багато часу, і ця характеристика залежить від типу конденсатора. Конденсатори, що самовідновлюються, здатні запобігати накопиченню пошкоджень і знижувати ризик виникнення пожеж або інших аварійних ситуацій, пов'язаних з електричними несправностями.

Спроможність самовідновлення конденсаторів має три недоліки. Перший недолік – це зменшення площі металізованого електрода з часом, яке призводить до зменшення загальної ємності конденсатора, однак дуже

незначно. Навіть після «спалювання» декілька тисяч дефектів, зменшення набагато менше, ніж 1% від загальної ємності конденсатора. Другий – є те, що відновлення викликає імпульси струму під час його проявлення. Вони створюють перешкоду сигналу в ланцюзі та зменшують відношення сигнал-шум у схемі[4]. Третім недоліком є висока ймовірність відмови роботи конденсатора після частих випадків самовідновлення конденсатору.

Самовідновлення конденсаторів відбувається у наступних випадках:

- після саморозряду конденсатора;
- після тимчасового пошкодження;
- після тривалого зберігання;
- після перенапруги або КЗ.

Самовідновлення конденсаторів є активною областю досліджень, і в даний час проводяться роботи над різними методами та матеріалами для покращення їх здатності до самовідновлення. Конденсатори з функцією самовідновлення можуть використовуватись у різних електронних пристроях та системах. Хоча самовідновлення конденсаторів все ще перебуває в стадії досліджень, перспективи для його розвитку дуже обнадійливі. Більш ефективні і надійні конденсатори, що самовідновлюються, можуть мати широкий спектр застосувань у багатьох галузях, що вимагають високої надійності і довговічності електронних систем і пристроїв.

Список використаних джерел:

1. Belko V.O., Emelyanov O.A., Ivanov I.O. Processes of Self-Healing in Film Capacitors in Overload Modes. URL: [https://journal.ie.asm.md/assets/files/02\\_02\\_34\\_2017.pdf](https://journal.ie.asm.md/assets/files/02_02_34_2017.pdf)
2. Xuansn. Self-Healing of Electrolytic Capacitors. URL: <https://www.xuanxcapacitors.com/self-healing-of-electrolytic-capacitors.html>
3. Self-healing Process in Metallized Capacitors. Wima.de, Archived from the original on 2016-11-04. URL: <http://www.wima.de/EN/selfhealing.htm>
4. The pros and cons of self-healing film capacitors. URL: <https://www.film-capacitor.com/The-pros-and-cons-of-self-healing-film-capacitors-id3119840.html>

**УДК 004.056:658.512.011.56**

**СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ВИРОБНИЧИХ  
ПРОЦЕСІВ**



УДК 004-051:355.018

## **ВПЛИВ ПОВНОМАСШТАБНОГО ВТОРГНЕННЯ НА МЕНТАЛЬНЕ ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ ІТ-СФЕРИ.**

Антоненко Ю.О.

Науковий керівник - к.т.н., доц. Хондак І.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків,  
Україна

e-mail: [yuliia.antonenko@nure.ua](mailto:yuliia.antonenko@nure.ua)

This work is devoted to the study of the impact of the full-scale invasion of the Russian Federation on the territory of Ukraine on the mental health of IT workers. Factors affecting the mental and physical health of workers in this field are considered. Sources that investigate the level of stress of Ukrainians in pre-war and war times are analyzed. The issue of care of employers in the IT sphere regarding the mental health of their subordinates in Ukrainian and foreign companies was investigated. A comparison of stress level indicators of Ukrainians in 2021 and 2023 was made.

З початком повномасштабного вторгнення РФ на територію України працівники ІТ-сфери є одними з тих, хто робить значні внески у наповнення державного бюджету. Часто вони займаються волонтерством: особисто або роблять значні донати. Багато ІТ-фахівців стали на захист нашої батьківщини, інші - продовжили працювати. В наші дні робота в сфері ІТ є актуальною, але як і будь-яка інша робота має свої недоліки та переваги.

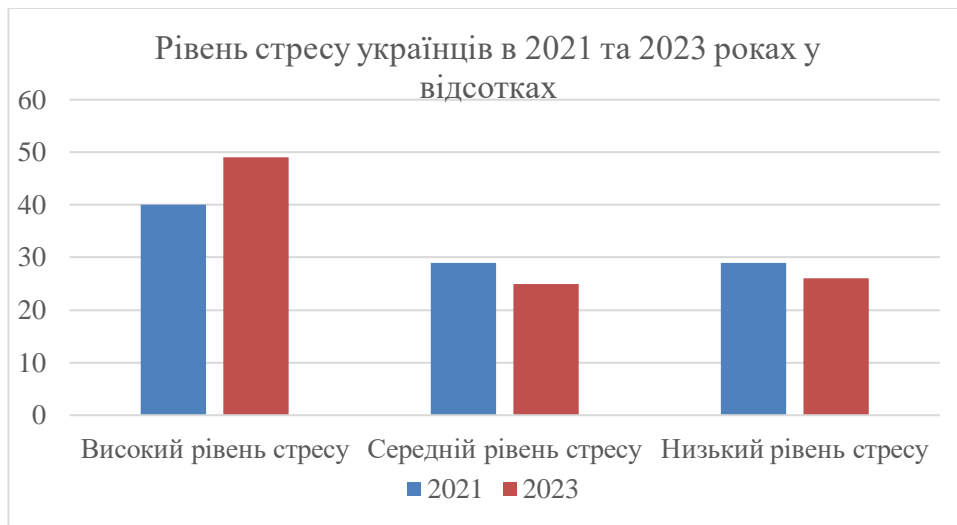
Виходячи з цього, метою даної роботи є дослідити як повномасштабне вторгнення вплинуло на працівників ІТ-сфери та порівняти як українські та іноземні компанії піклуються про здоров'я своїх працівників.

Працівники ІТ-сфери, що проводять більшість свого часу за електронними пристроями, які негативно впливають на їх здоров'я, мають такі професійні хвороби як: зниження зору, запалення очей, ожиріння, біль у шиї та спині, безсоння та інші. Також, серед спеціалістів сфери ІТ розповсюджене емоційне вигорання.

З початком повномасштабного вторгнення більшість працівників були вимушені почати працювати онлайн. Це підвищило рівень стресу у працівників. Не кожен з них має необхідні умови для спокійної праці. Частина працівників має родину, яка може відволікати від роботи, також працівник може не мати власної кімнати для праці, що знижує його працездатність.

Великий вплив на ментальне здоров'я людей має інформація. Люди, що постійно знаходяться в інформаційному просторі та працюють з інформацією мають вищий рівень стресу на відміну від тих хто контролює кількість інформації, що споживає.

Згідно з опитуваннями[1, 2], що були проведені в 2021 та 2023 роках ми можемо зробити висновок, що рівень стресу українців підвищився. Нижче ми можемо побачити результати цього опитування в діаграмі.



З початком повномасштабного вторгнення роботодавці змінили пріоритети та приділяють більше уваги своїм працівникам. Безпека та ментальне здоров'я працівників стали одним з головних пріоритетів українських ІТ компаній. Змінились і пріоритети у ставленні до колективу [3]. З початку повномасштабної війни safety first, тобто фокус на індивідуальній безпеці кожного ІТ-фахівця. Особливу увагу приділяється психологічній підтримці та ментальному здоров'ю ІТ-фахівців. Тому для покращення ментального здоров'я компанії включають у свої wellbeing-програми безкоштовні сеанси у психологів та організують тренінги, де навчають як вести себе в стресових ситуаціях та як зберігати працездатність під впливом стресу [4].

В іноземних компаніях також піклуються про ментальне здоров'я працівників. Працівники, що працюють в Google, мають можливість відвідувати курси медитації. Для працівників, що мають дітей є можливість записати своїх дітей до онлайн-табору. Це зроблено для того щоб працівники могли спокійно працювати та не перейматись за своїх дітей [5].

В наш час на ментальне здоров'я людей впливає інформація, через її велику кількість люди можуть відчувати стрес та бути перенапруженими, тому все більше українських ІТ-компаній піклуються про своїх співробітників та їх ментальне здоров'я. На відміну від іноземних компаній Україна тільки розпочинає цей шлях, але з кожним днем все більше і більше компаній створюють різні простори, де їх працівники можуть поліпшити своє ментальне та фізичне здоров'я.

Список використаних джерел:

1. Slovo i Dilo. Соціологи з'ясували, скільки українців зазнали стресу цього року. Слово і Діло. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/12/28/novyna/suspilstvo/socziolohy-zyasuvaly-skilky-ukrayincziv-zaznaly-stresu-czoho-roku> (дата звернення: 28.02.2024).
2. Яровенко М. Психологічний стан українців покращився порівняно з початком повномасштабного вторгнення – опитування. Зеркало недели | Дзеркало тижня | Mirror Weekly. URL: <https://zn.ua/ukr/UKRAINE/psikhologichnij-stand-ukrajintiv-pokrashchivsja-porivnjano-z-pochatkom-povnomasshtabnoho-vtorhnennja-opituvannja-.html> (дата звернення: 28.02.2024).
3. OhNхuB. «Песимісти ніколи не вигравали війну». Керівники EPAM, Ciklum, SoftServe, Luxoft, Netpeak та ще 11 компаній про те, чого їх навчили два роки війни. dev.ua. URL: <https://dev.ua/news/uroky-viiny-1708665981> (дата звернення: 28.02.2024).
4. Як компанії піклуються про ментальне здоров'я працівників: 8 кейсів. Happy Monday. URL: <https://happy monday.ua/yak-kompaniyi-pikluyutsya-pro-mentalne-zdorov-ya> (дата звернення: 28.02.2024).
5. Прощай, сувора ієрархія і графік з 9 до 18. Як пандемія змінює корпоративну культуру. Новости бізнеса, економіки, фінансов, ринков и компаній – НВ Бізнес. URL: <https://biz.nv.ua/ukr/experts/yak-pikluyetsya-pro-spivrobotnikiv-google-chomu-korporativna-kultura-viyshla-na-pershiy-plan-50186743.html> (дата звернення: 28.02.2024).

УДК 681.518.52:334.716

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ І БЕЗПЕКА ЛЮДИНИ**

Багаєв Д. О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Хондак І.І

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІРТЗІ,  
м. Харків, Україна

e-mail: [denys.bahaiev@nure.ua](mailto:denys.bahaiev@nure.ua)

Our world is evolving very rapidly, and new technologies are coming along with it. More and more scientists are proposing new ways to overcome certain problems. They raise safety issues in production facilities in order to minimize the risk and danger to the life and health of workers. The main aspects of equipment safety assessment are identified. Advanced technologies and hazard assessments of industrial enterprises are presented.

З появою нових технологій приходять нові можливості. Наш сучасний світ розвивається дуже швидко, а разом із ним і нові технології. Все більше вчених замислюється над тим як можна пришвидшити та покращити процес виробництва. Саме тому вчені впроваджують нові ідеї у свої проекти. Одна з таких ідей – це зробити автоматизований процес виробництва для того щоб знизити ризики небезпеки для людини. Також це може позитивно вплинути на навколишнє середовище. Вчені припускають, що з масовою появою таких виробництв можуть скорочуватись робочі місця [1].

Створюючи такі проекти вчені виділяють низку позитивних фактів, а саме:

1. Перше і саме головне це спрямування на забезпечення безпеки праці робітників, запобігання аваріям та мінімізацію ризиків у роботі з обладнанням;
2. Ефективність ресурсів: автоматизовані системи контролю дозволять ефективно використовувати ресурси, такі як енергія, вода, сировина та інші матеріали. Це допомагає зменшити викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище та зберегти природні ресурси;
3. Моніторинг викидів: спеціальна система може відстежувати параметри, такі як викиди забруднюючих речовин, рівень шуму, викиди CO<sub>2</sub> тощо. Це дозволяє вчасно реагувати на можливі проблеми та у разі чого швидко прийняти відповідні дії;
4. Оптимізація енергоспоживання: автоматичний контроль може регулювати споживання енергії в залежності від потреб виробництва.

Незважаючи на позитивні факти вчені все ж таки припускають і негативні теж:

1. Впровадження даної технології займає набагато більше часу ніж механізація;

2. Залежність від технічних рішень: неправильне налаштування або відмови системи може призвести до втрати контролю;

3. Потреба в кваліфікованих робітниках: для ефективної роботи та вмінням працювати з такою системою потрібні кваліфіковані робітники.

Впровадження автоматизованого виробництва стає дедалі частішим. Це може призвести до значного покращення безпеки праці, ефективного використання ресурсів та моніторингу викидів, сприяючи при цьому оптимізації енергоспоживання. Усе це вказує на те, що вже зовсім скоро світ почне впроваджувати автоматизацію систем виробництва в усі сфери. Адже слід пам'ятати, що з появою нових можливостей приходять нові технології [2]. В таблиці 1 наведені автоматизовані виробництва у різних країнах світу.

Таблиця 1 – Автоматизовані виробництва у різних країнах

Україна	<a href="#">SoftServe, Inc., TOB</a>	<a href="#">Інтелект-Сервіс, TOB</a>	<a href="#">Епіцентр К</a>	<a href="#">ІПАТ "ІАС"</a>
Німеччина	<a href="#">Lederer GmbH</a>	<a href="#">Siemens AG</a>	<a href="#">GEMTEC AG</a>	<a href="#">Mattke AG</a>
Польща	<a href="#">Abis Sp. z o.o. Sp. Komandytowa, Abis</a>	<a href="#">Energoster</a>	<a href="#">Novexim</a>	<a href="#">Automatyka Przemysłowa SOL</a>
Франція	<a href="#">OSE</a>	<a href="#">SEMO</a>	<a href="#">sesa systems</a>	<a href="#">NIDEC ASI</a>

Список використаних джерел:

1. Mohd Javaid, Abid Haleem, Ravi Pratap Singh, Rajiv Suman, Ernesto Santibañez Gonzalez Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *ScienceDirect*. 2022 Vol. 3. P. 203–217.

2. Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *ScienceDirect*. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527320301559?via%3Dihub> (дата звернення: 26.02.2024).

УДК 504.5:628.5

## **ОЦІНКА ТА ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

Бойко А. Ю.

Науковий керівник - к. т. н., доц., Березуцька Н. Л.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ОП

м. Харків, Україна

e-mail: [anastasiia.boiko@nure.ua](mailto:anastasiia.boiko@nure.ua)

Environmental risks are an eternal topic. All living and non-living things can be a source of danger. What can be done to reduce the impact of negative factors on a person? What exactly does the Constitution of Ukraine guarantee to each person? What are the classifications of environmental risks? What is the purpose of the sanitary-epidemiological direction? What is the essence of the concept of acceptable risk? Is it possible to achieve a zero level of risk in practice? An analysis was conducted on these and other issues and a general conclusion was made.

Джерелом небезпеки може бути все живе та неживе. Небезпеки не мають вибірових властивостей, під час свого виникнення вони негативно діють на все оточуюче їх матеріальне середовище. Носіями небезпек є природні процеси та явища, техногенне середовище та дії людей. Для зменшення впливу негативних факторів на людину, на природне середовище необхідне проведення ідентифікації та квантифікації небезпек.

Ідентифікація – процес виявлення та з'ясування кількісних, просторових, часових та інших характеристик, необхідних та достатніх для розроблення заходів, направлених на забезпечення безпеки життєдіяльності. Квантифікація – запровадження кількісних характеристик для оцінки складних, якісних понять. Квантифікація здійснюється у вигляді числових, балових прийомів. Наприклад, класи небезпек речовин (4 класи), шкала землетрусів MSK–64 (12 балів) та Ріхтера (9 балів). [1]

Конституція України гарантує кожній особі право на належні, безпечні та здорові умови праці. Це конституційне положення стало своєрідним принципом, на якому вибудовується цілий комплекс правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що формують систему охорони праці усіх громадян. Але не зважаючи на це, в Україні кількість нещасних випадків або надзвичайних подій, що трапляються на виробництві або у ході виконання службових обов'язків, унаслідок яких працівники отримують травми або

навіть гинуть, залишається дуже великою. В результаті виробничої діяльності виникають і екологічні ризики. [3]

Реалії виникнення екологічного ризику обумовлені ступенем впливу людської діяльності на окремі складові навколишнього середовища. Це відповідно стає передумовою для виникнення екологічного ризику. Наразі не існує єдиної завершенної і загальноприйнятої класифікації екологічних ризиків. Класифікації екологічних ризиків, за різними ознаками, запропоновані в [2]:

1. За джерелами впливу - природні, техногенні, соціальні, політичні, економічні.
2. За ступенем поширення - глобальні, локальні.
3. За характером прояву - постійні і аварійні.
4. За впливом техногенних систем на навколишнє середовище і здоров'я населення - індивідуальні, популяційні, екологічні, професійні та інші.

За реципієнтами впливу виділяють ризики, що впливають на здоров'я людини, екосистему, ризик втрати природно-ресурсного потенціалу, ризик деградації або руйнування ландшафтів в цілому. [2]

В рамках екологічної безпеки необхідно, перш за все, забезпечити санітарно-епідеміологічну безпеку населення. Це узагальнюючий напрямок політики щодо запобігання чи зниження небезпечного та шкідливого впливу факторів навколишнього середовища на стан здоров'я населення, метою якої є:

- забезпечення відповідності якості питної води гігієнічним нормативам;
- забезпечення відповідності якості атмосферного повітря населених місць гігієнічним нормативам;
- забезпечення якості та безпеки харчових продуктів; – зменшення несприятливого впливу на здоров'я населення ґрунтів, забруднених небезпечними відходами;
- гігієнічна безпека житла; – забезпечення радіаційної безпеки населення;
- відповідність умов праці гігієнічним нормативам. [4]

Оцінка виробничих ризиків – це ретельне дослідження того, що на виробництві може нанести шкоду людям. Необхідно оцінити достатність вже реалізованих запобіжних заходів та залишкову величину ризику нанесення шкоди. Робітники та відвідувачі підприємства не повинні постраждати через нездійснені вчасно необхідні контрольні заходи. Як провести оцінку виробничих ризиків на підприємстві?

Крок 1: Визначення джерела небезпеки;  
Крок 2: Визначення, кількості постраждалих і якості можливих травм;  
Крок 3: Оцінювання величини ризику та запропонування, запобіжних заходів щодо забезпечення безпеки;  
Крок 4: Розробка плану управління ризиками та заходів щодо його реалізації;

Крок 5: Проведення оцінки виробничих ризиків на регулярній основі.  
Основне питання теорії й практики безпеки «Як підвищити рівень безпеки»? Очевидно, що для цієї мети кошти можна витратити за трьома напрямками: а) удосконалювання технічних систем та об'єктів; б) підготовка персоналу; в) ліквідація наслідків. Для того, щоб надати перевагу конкретним заходам та засобам або певному їх комплексу, порівнюють витрати на ці заходи та засоби і рівень зменшення шкоди, що очікується в результаті їх запровадження. Такий підхід до зменшення ризику небезпеки зветься управлінням ризиком. Перехід до управління ризиками відкриває принципово нові можливості підвищення безпеки технічної сфери. Спеціалісти вважають доцільним у законодавчому порядку запровадити квоти на ризик. [3]

На практиці досягти нульового рівня ризику, тобто абсолютної безпеки, неможливо. Через це вимога абсолютної безпеки, що приваблює своєю гуманністю, може обернутися на трагедію для людей. Сутність концепції прийняттого (допустимого) ризику є компромісом між прагненням до максимальної безпеки і можливостями суспільства, перш за все економічними в даний момент часу. Прийнятний ризик поєднує технічні, економічні, соціальні та політичні аспекти та є певним компромісом між рівнем безпеки й можливостями її досягнення. [3]

#### Список використаних джерел:

1. Іванов Ю. О., Коваленко Т. М. Методи забезпечення санітарно-епідеміологічної безпеки та оцінка виробничих ризиків на підприємствах : навч. посіб. Київ, 2021.
2. Лисиченко Г. В., Хміль Г. А., Барбашев С. В. Методологія оцінювання екологічних ризиків : монографія. Одеса, 2011. 368 с.
3. Маркс С. Д. Безпека як право людини та основний аспект в проектуванні та експлуатації промислових систем // Безпека та праця. 2020.
4. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. Київ, 2001. 251 с.



УДК 004.9:37]:504

**КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА «SORT SAVVY» ПРИ ВИВЧЕННІ  
ПИТАНЬ ЗАХИСТУ ЛІТОСФЕРИ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ  
ВІДХОДАМИ**

Внуков Т.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Хондак І.І.  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
м. Харків, Україна  
e-mail: [tymur.vnukov@nure.ua](mailto:tymur.vnukov@nure.ua)

A new computer program "Sort Savvy" has been created, which illustrates how owners of industrial and residential complexes can effectively sort waste and evaluate the benefits of this process. The main emphasis is on the visual demonstration of the consequences of anthropogenic human activity, its impact on people and the environment. Methods of solving these issues are also proposed. The program is designed for assimilation and consolidation of knowledge on environmental safety and life safety.

В даний час в усьому світі широко використовується дистанційна форма навчання. При дистанційній формі навчання, де практично відсутнє «живе» спілкування з викладачем, виникають складності з засвоєнням теоретичного матеріалу та виконанням практичних завдань і лабораторних робіт [1]. У зв'язку з цим на кафедрі «Охорона праці» Харківського національного університету радіоелектроніки щорічно розробляються і впроваджуються в навчальний процес нові комп'ютерні програми, які дають можливість наочно розглядати вплив різних чинників на людину і навколишнє середовище, знайомлять з методами і засобами захисту від їх негативного впливу.

Однією з таких програм є комп'ютерна програма «SORT SAVVY». Вона ілюструє, як власники промислових і житлових комплексів можуть ефективно сортувати відходи та оцінювати переваги цього процесу. Основний акцент робиться на наочній демонстрації наслідків антропогенної діяльності людини, її впливу на людину та довкілля [2, 3]. Також запропоновано методи вирішення цих питань.

Програма розроблена для засвоєння та закріплення знань з екологічної безпеки та безпеки життєдіяльності.

На головному меню програми представлено 4 вкладки.

1. «Почати» - запустить програму.
2. «Інформація» - вказівки до виконання роботи та інформація що до правильного сортування сміття.
3. «Тест» - невеликий тест по пройденому матеріалу.
4. «Налаштування» - налаштування мови та додаткових функцій.

Після натиснення кнопки «Почати» програма продемонструє два головних режим: житловий чи промисловий комплекс.

У режимі житлового комплексу: 5 основних видів відходів: скло, пластик, металеві вироби, органічні продукти та папір. Необхідно розсортувати ці відходи у відповідні контейнери. Правильно вибравши контейнер для відходів, програма повідомить про це та надасть бали. У разі неправильної відповіді, бали не будуть нараховані.

У режимі промислового комплексу представлені різні типи промислових об'єктів та їх основні види відходів. Цей режим має два етапи. Перший етап полягає у відсортуванні відходів, специфічних для кожного виду виробництва, у відповідні контейнери. На другому етапі буде надано методи утилізації відходів (наприклад, відправлення на сміттєзвалище, повторна переробка тощо), і потрібно буде вибрати найкращий спосіб утилізації для кожного типу відходів.

Після завершення кожного з режимів вам буде надана статистика ваших відповідей.

У розробці програми було використано мову програмування C# та ігровий рушій Unity. Вибір цих технологій обумовлений можливістю зручно та швидко працювати у 2D просторі. Це дозволяє створювати якісний продукт, який легко підтримувати у майбутньому. Для розробки графіки було використано Photoshop, в якому були створені малюнки та елементи інтерфейсу.

Створена програма «SORT SAVVY» може бути використана в навчальному процесі в якості лабораторної роботи для студентів денної, заочної і дистанційної форми навчання в різних вузах України і буде цікавою для всіх, хто займається питаннями екологічної безпеки та безпеки життєдіяльності, особливо питаннями захисту літосфери від забруднень відходами.

#### Список використаних джерел:

1. Березуцький В. В., Хондак І. І. Програма «Зварювальник» для дослідження впливу чинників виробничого середовища на здоров'я працюючого. *International academy journal. Web of Scholar*. 2020. № 3 (45). Р. 20-26. (*Index Copernicus*).

2. Країна, покрита звалищами. Як (не)вирішують проблеми з відходами в Україні, а як в інших країнах світу. NV. URL: <https://biz.nv.ua/ukr/markets/smitty-a-i-vidhodi-shcho-z-nimi-roblyat-v-ukrajini-a-shcho-u-rozvinenih-krajinah-svitu-infografika-50161387.html> (дата звернення: 29.10.2023).

3. За рік в Україні утворюється понад 10 мільйонів тонн сміття. Ukrinform. URL: <https://www.ukrinform.ua/amp/rubric-economy/3776047-zarik-v-ukraini-utvoruetsa-ponad-10-miljoniv-tonn-smitta-mindovkilla.html> (дата звернення: 28.10.2023).

УДК 331.45:355.018

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПРОМИСЛОВОГО ТРАВМАТИЗМУ В УКРАЇНІ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ**

Горєва М.М.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Хондак І.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ОП  
м. Харків, Україна

e-mail: [mariia.horieva@nure.ua](mailto:mariia.horieva@nure.ua)

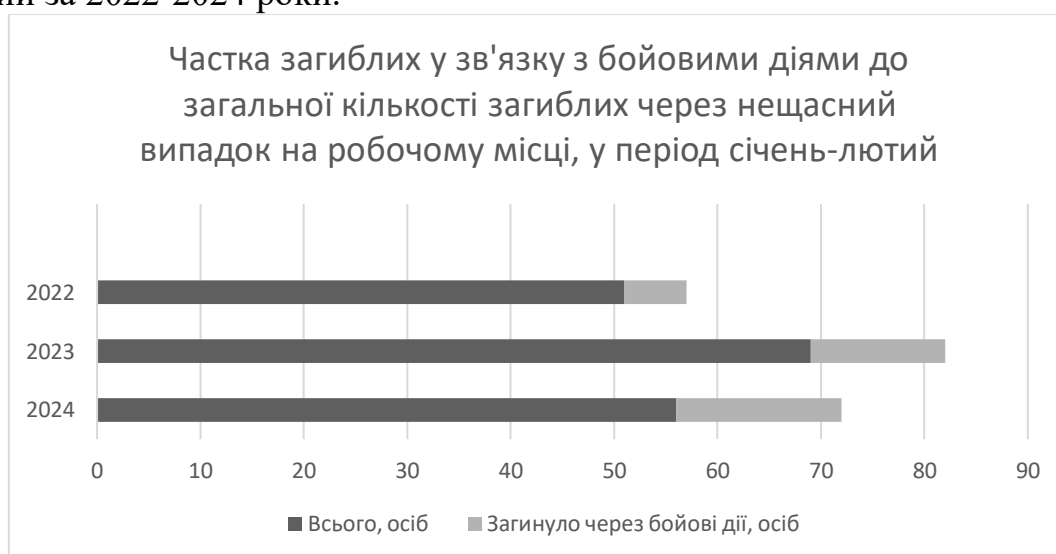
This work is devoted to analysis of the occupational injuries including fatal cases in Ukraine for the period January-February 2022-2024. Prevention of industrial accidents and fatalities at work. For the study, operational data on accidents of registered by the state Labor Service of Ukraine were considered as well as some ways of prevention industrial injuries. The analysis of this information helped to draw conclusions about the circumstances that lead to the greatest number of injuries and deaths. After reviewing the data, recommendations were made to reduce and avoid fatal workplace accidents.

За оперативними даними Державної служби України з питань праці за січень-лютий 2024 року (станом на 01.03.2024)[1] всього було зафіксовано 140 нещасних випадки, у тому числі 51 випадок із смертельним наслідком. У порівнянні з 2024 роком за відповідний період у 2023 році постраждало на 8 осіб більше, тобто 148 осіб, загинуло на 12 осіб більше - 69. У 2022 році кількість потерпілих становила – 96 осіб, а смертей - 56. Варто окремо зауважити про події 24 лютого 2022 року, адже за даними саме повномасштабне вторгнення РФ на територію України й спричинило збільшення нещасних випадків на робочому місці, у тому числі й випадків зі смертельними наслідками. Найбільше всього сталося нещасних випадків з кодом 23[2], що визначає вид події, що призвела до нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання під час виконання трудових обов'язків в результаті бойових дій, тобто 45 % від загальної кількості постраждалих – 51 особа. Варто наголосити, що станом на 01.03.2024 зафіксовано 16 смертельних випадків через події суспільного життя, та становить 31,3% від загальної кількості усіх загиблих за вище вказаний період. 26% нещасних випадків відбулося через події із кодом 01 всього постраждало 30 осіб, у той час, як загинуло – 8. Також значна кількість осіб постраждало від подій з кодами 02 падіння потерпілого та 03 падіння, обрушення, обвалення предметів, матеріалів, породи тощо. Постраждало загалом 19 осіб, з яких 16 загинуло. Було виявлено, що за подій з кодом 02 падіння потерпілого летальність становить 100% (з 10 постраждалих всі загинули). На рис. 1 представлені причини нещасних випадків на виробництві.



**Рисунок 1 – Причини нещасних випадків**

У 2023 році за перші два місяці кількість загиблих через бойові дії становила 13 осіб, тобто 18,8% від загальної кількості загиблих у відповідний період. За період січень-лютий 2022 року було виявлено 23 нещасних випадки на промисловості за кодом події 23, тобто через воєнні дії, з 23 осіб 6 загинуло, що становить 10,7% від загальної кількості загиблих у період січень-лютий 2022 року. На рис. 2 показана частка загиблих у зв'язку з бойовими діями на робочому місці у період січень-лютий за 2022-2024 роки.



**Рисунок 2 – Частка загиблих у зв'язку з бойовими діями на робочому місці у період січень – лютий за 2022–2024 роки**

Отже, на жаль, тенденція смертельних випадків на робочому місці зростає, таким чином буде доречно наголосити про необхідність проведення заходів для зменшення статистики нещасних випадків зі смертельними наслідками. На жаль, дії ворога важко передбачити, тому громадяни повинні докласти усіх можливих зусиль задля запобігання нещасних випадків, у тому числі і з смертельними наслідками, оскільки у 2024 році станом на 01.03.2024 45% випадків сталися саме через воєнні дії на території України. Отже, ні в якому разі не можна нехтувати сигналом повітряної тривоги та слідувати в укриття за першої ж можливості.

Для запобігання нещасних випадків перш за все потрібно дотримуватися інструкцій, щодо виконання роботи, бо зазвичай у таких інструкціях є інформація, що стосується безпеки працівників. У разі виникнення питань до інструкцій обов'язково потрібне доступне пояснення від роботодавця. Також варто зазначити, що працівник може наголосити на проведенні заходів, які допоможуть робітникам зрозуміти порядок дій при нещасному випадку або екстреній ситуації, особливо за часів повномасштабного вторгнення РФ на територію України. Не нехуйте правилами техніки безпеки та, за сигналу повітряної тривоги, потрібно переходити у найближче сховище.

Варто завжди пам'ятати, що нещасний випадок може трапитися за будь-яких умов та у будь-який час, тому задача полягає у тому, щоб максимально зменшити ці ризики. Рекомендовано роботодавцям проведення навчання по наданню першої домедичної допомоги потерпілим через ведення бойових дій на території нашої країни. За здоров'я робітників відповідає не лише сам працівник, а і роботодавець[3].

#### Список використаних джерел:

1. Оперативна інформація про нещасні випадки. *Google Docs*. URL: [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nurNVy\\_10NOqJ9GujloAhnkRNG3vSGoZoLGYgeTw-O4/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nurNVy_10NOqJ9GujloAhnkRNG3vSGoZoLGYgeTw-O4/edit?usp=sharing) (дата звернення: 02.03.2024).

2. Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві : постанова Каб. Міністрів України від 17.04.2019 № 337 : станом на 7 лют. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/337-2019-п#Text> (дата звернення: 02.03.2024).

3. Державна служба України з питань праці : вебсайт. URL: <https://dsp.gov.ua/> (дата звернення: 02.03.2024).

УДК 331.45

## **МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗАХИСТУ ВІД ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ**

Гродецький А.Ю.

Науковий керівник - к. т. н., доц., Березуцька Н. Л.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ОП,  
м. Харків, Україна

e-mail: [andrii.hrodetskyi@nure.ua](mailto:andrii.hrodetskyi@nure.ua)

Ensuring safety and health in modern production is paramount. Effective methods and means of protection against harmful production factors are essential. Prevention, collective and individual protection of workers, and education on safety and hygiene play crucial roles. Implementation of these measures is vital for creating a safe work environment.

Safety and health are top priorities in modern production. Effective methods of protection against harmful factors include prevention, collective and individual protection, and worker education. Implementation of these measures is essential for maintaining a safe work environment.

У сучасному виробництві, безпека та охорона здоров'я працівників є однією з ключових пріоритетних задач. Шкідливі виробничі фактори можуть негативно впливати на здоров'я людини та викликати серйозні захворювання, тому важливо вживати ефективні методи та засоби їх захисту.

Перш за все, одним із найважливіших методів є запобігання виникненню шкідливих виробничих факторів. Це може бути досягнуто шляхом впровадження сучасних технологій, які зменшують викиди шкідливих речовин у повітря та воду, а також заходами з організації праці, спрямованими на уникнення контакту працівників з небезпечними речовинами.

Другим важливим аспектом є колективний та індивідуальний захист працівників. Для цього використовуються спеціальні засоби індивідуального захисту, такі як респіратори, окуляри, навушники тощо.

Крім того, можуть бути введені організаційні заходи, такі як регулярні паузи для відпочинку та проведення профілактичних медичних оглядів.

Третій метод полягає в освіті працівників щодо безпеки та гігієни праці. Важливо проводити навчання з правил безпечної роботи, а також забезпечувати працівників необхідною інформацією про потенційні небезпеки та методи їх уникнення. Це може бути здійснено за допомогою тренінгів, семінарів та розміщення інформаційних матеріалів на робочих місцях.

В цілому, захист від шкідливих виробничих факторів - це складний і многогранний процес, що вимагає комплексного підходу та постійного

контролю. Важливо вживати всі можливі заходи для забезпечення безпеки та здоров'я працівників, щоб зробити робоче середовище максимально безпечним та комфортним для всіх учасників трудового процесу.

Шкідливі виробничі фактори – це чинники, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників, викликаючи професійні захворювання. З метою захисту працівників від цих факторів і запобігання виникненню професійних захворювань, на виробництві повинно застосовувати ефективні методи та засоби захисту.

Першим кроком у запобіганні впливу шкідливих факторів є їх ідентифікація та оцінка. Для цього проводяться спеціальні вимірювання та аналіз робочого середовища, а також оцінка фізичних, хімічних та біологічних факторів, що можуть бути присутніми на робочому місці.

Після визначення шкідливих факторів необхідно розробити та впровадити виробничі процеси та технології, які зменшують або усувають ці фактори. Наприклад, можуть бути застосовані технології очищення повітря від шкідливих випарів, встановлення захисного обладнання на джерелах шуму або пилу, а також раціоналізація робочих процесів для зменшення фізичного навантаження.

Для захисту працівників від шкідливих факторів також використовуються спеціальні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Це можуть бути респіратори, засоби захисту від шуму, рукавички, окуляри тощо. Важливо правильно вибрати та використовувати ці засоби, а також навчити працівників їхньому коректному застосуванню.

Крім того, важливо проводити регулярний медичний контроль за станом здоров'я працівників, які працюють у шкідливих умовах. Це дозволяє вчасно виявляти можливі захворювання та приймати необхідні заходи для їх запобігання та лікування.

Узагальнюючи, захист від шкідливих виробничих факторів є складним і багатоплановим процесом, який передбачає впровадження різноманітних методів та засобів. Він вимагає спільних зусиль роботодавців, спеціалістів з охорони праці та працівників для забезпечення безпеки та здоров'я на робочому місці.

#### Список використаних джерел:

1. Charles D. Reese "Occupational Safety and Health Management" Published by CRC Press: 2020. 608 p.
2. Susan R. Fleming "Introduction to Occupational Health and Safety" Published by Routledge: 2019. 189 p.
3. Patty L. Markert "Industrial Hygiene and Toxicology" Published by Wiley: 2018. 255 p.
4. Barbara A. Plog "Fundamentals of Industrial Hygiene" Published by National Safety Council: 2017. 307 p.

УДК 621.383.46

## ДЕТЕКТОРИ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОЇ МУЛЬТИЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНТРОСКОПІЇ

Гуржій Є. В.

Науковий керівник – к.ф.м.н., доц. Галат О.Б.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.

МЕЕПП

м. Харків, Україна

e-mail: [yevhen.hurzhii@nure.ua](mailto:yevhen.hurzhii@nure.ua)

Scanning cargo for security threats and contraband is paramount in modern transportation and border control systems. Among the array of detection technologies, introscopy stands out for its penetrating capability, offering insights into the composition of materials within cargo shipments. These technologies allow for detailed analysis of cargo contents, facilitating the differentiation between benign materials and potential risks. Yet, similar to the challenges faced achieving optimal performance requires addressing issues such as contact quality and trap-free junctions for accurate detection.

In this paper, we address these challenges by proposing a novel approach: shadow image processing and analysis, identification of substances by effective atomic number, detector noise reduction.

Завданням систем сканування вантажів є перевірка широкого спектру матеріалів і товарів, що перевозяться різними видами транспорту, включаючи морські контейнери, вантажівки та повітряні вантажі. Ефективне визначення речовин у вантажних відправленнях має важливе значення для виявлення потенційних загроз, контрабанди та небезпечних матеріалів, прихованих у них. Ефективний атомний номер є ключовим параметром для характеристики елементного складу матеріалів, присутніх у вантажних відправленнях. Аналізуючи сигнатуру ефективного атомного номеру відсканованих об'єктів, оператори сканування вантажів можуть визначити наявність певних елементів і диференціювати різні типи матеріалів [1,2]. Ця інформація є безцінною для виявлення підозрілих або заборонених речовин і полегшення цілеспрямованої перевірки та втручання.

Для кожного виду рентгенівського випромінювачі застосовують відповідні приймачі [3,4], а саме: рентгенометричні (рис.1), рентгенографічні, рентгеноскопичні. Суттєвим є також контроль та зменшення шумів чутливого елемента детектора [4], що дозволяє покращити якість результатів сканування.

У роботі поставлена задача проаналізувати шумові фактори напівпровідникового чутливого елемента детектора та виявити напрямки зменшення завад та поліпшення якості вихідного сигналу. Матеріалом чутливого елемента обрано сполуки  $A^{II}B^{VI}$ , зокрема CdTe-CdSe, ZnTe-ZnSe. Важливим також є цифрова обробка отриманих зображень.



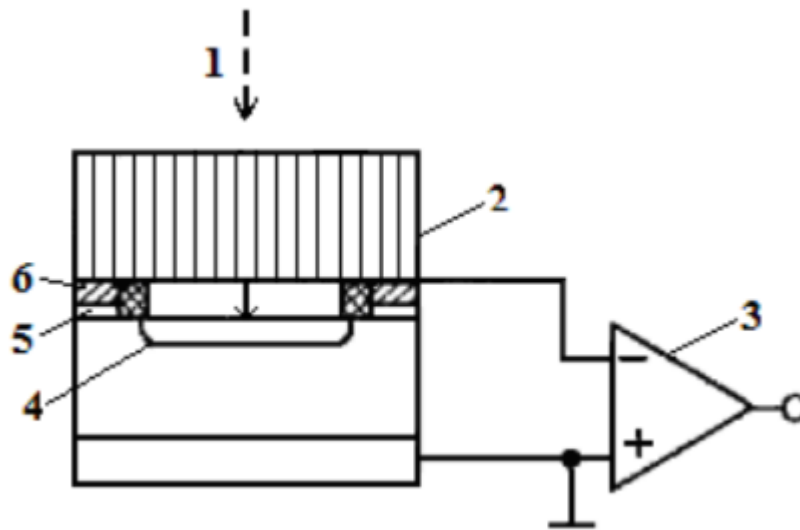


Рисунок 1 – Схема детектора «сцинтилятор – фотодіод»:  
 1 – іонізуюче випромінювання; 2 – сцинтилятор; 3 – підсилювач;  
 4 – p-n-перехід; 5 – SiO<sub>2</sub>; 6 – металевий контакт

Сцинтилятор 2 перетворює іонізуюче випромінювання 1 у світлові фотони, що потрапляють на p-n-перехід 4 фотодіода. Фотодіод перетворює світловий потік в електричний сигнал, який після підсилення в підсилювачі знаходить на вихід детектора. Як фотоприймач у таких детекторах звичайно застосовують кремнієві або арсенід-галієві фотодіоди. Детектори «сцинтилятор-фотодіод» мають низку переваг: низька напруга живлення; невелика споживана потужність; малі габарити; мала чутливість до механічних, температурних і магнітних впливів.

У сфері сканування вантажу з метою безпеки аналіз тіньових зображень має величезний потенціал для покращення можливостей виявлення. Тіньові зображення, що утворюються, коли предмети вантажу перекривають шлях скануючого випромінювання, містять цінну інформацію про внутрішній склад і будову сканованих об'єктів. Використання методів обробки тіньових зображень і візуалізації може значно підвищити ефективність систем сканування вантажів, надаючи інформацію про приховані загрози, контрабанду та небезпечні матеріали.

Останні досягнення в області інтроскопії можливостей значно покращили можливості сканування вантажу. Ці технології дозволяють точніше ідентифікувати матеріали, дозволяючи операторам з більшою точністю відрізнити нешкідливий вантаж від потенційних загроз. Крім того, інтеграція штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання підвищила швидкість та ефективність сканування вантажів, зменшивши ймовірність помилкових тривог і покращивши загальні результати безпеки.



Рисунок 4 – Приклад використання аналізу тіньових зображень

Підсумовуючи, слід сказати, що детектори для сканування вантажу, особливо ті, що використовують інтроскопію та багатоенергетичні можливості, є важливим компонентом інфраструктури безпеки транспортування. Ці технології пропонують розширені можливості виявлення, необхідні для виявлення загроз і контрабанди, прихованих у вантажних відправленнях. Незважаючи на те, що проблеми залишаються, постійні інновації обіцяють подальше вдосконалення процесів сканування вантажів, зрештою покращуючи глобальну безпеку та сприяючи плавному перебігу міжнародної торгівлі.

#### Список використаних джерел:

1. Schotanus P., Dorenbos P., Ryzhikov V. Detection of CdS(Te) and ZnS(Te) scintillation light with silicon photodiodes // IEEE Trans. Nucl. Sci. – 1992. –V.39. – P.546–550.
2. Електронні системи контролю якості та діагностики: навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Л.Д. Писаренко, С.Р. Михайлов. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 200 с..
3. Галат, О.Б. Оптоелектроніка: навч. посібник / О.Б.Галат, Ю.О.Гордієнко, М.Г.Старжинський– Харків: Тов «Компанія СМІТ», 2010. – 198 с.
4. Галат А.Б., Черненко С.Ю., Бородин Б.Г. Анализ шумовых факторов полупроводниковых детекторов ионизирующего излучения // 3-я Международная научная конференция «Функциональная компонентная базамикро-, опто- и наноэлектроники». Сб. науч. трудов. Харьков: ХНУРЭ, 2010. С. 294–296.

УДК 519.246.8:331.45

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІДПРИЄМСТВА ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСОВИХ РЯДІВ**

Здорик Н. В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Мамонтов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ОП,

м. Харків, Україна

e-mail: d\_os@nure.ua

This work is devoted production processes safety, namely, increasing the accuracy of forecasting temporary disability of workers. Increasing the accuracy of forecasting is based on the use of mathematical tools of time series. To perform calculations, it is necessary to expand the experimental data base, which contains information on the influence of hazard factors on the production processes. The author proposes to create analytical groups (or separate positions) at enterprises to collect and process relevant statistical data. As a result, this will increase the effectiveness of preventive security measures.

Підвищення точності прогнозування стану охорони праці підприємства є важливим державним завданням незалежно від форм власності та видів діяльності. Це завдання стане найбільш актуальним в умовах майбутнього відновлення та розвитку промислового виробництва України. Ефективність вирішення цього завдання позначиться на ефективності заходів превентивної безпеки. Ці заходи полягають у своєчасному прийнятті рішень, спрямованих на виключення, або максимальне обмеження дії джерел та факторів небезпеки.

Оцінка небезпеки нещасних випадків та професійних захворювань включає оцінку діючих значень небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Традиційна оцінка факторів передбачає їх інструментальний вимір та порівняння з нормованими значеннями без будь-якого прогнозу [1;2]. Однак такий підхід є найпростішим, і не враховує перебіг складних сценаріїв процесів із виникненням несподіваних небезпек.

Сучасні методи прогнозу ризиків у сфері охорони праці ґрунтуються на перебігу відомих процесів. Вони можуть мати фізичний, хімічний, біологічний або психофізіологічний характер. Дані процеси повинні протікати за передбачуваним сценарієм, і включати матеріали та об'єкти з регламентованими чи ймовірнісними характеристиками [3]. Однак на практиці ці умови виконуються не завжди. Часто сценарії розвитку небезпек, властивості матеріалів, об'єктів та елементів техногенних систем не відомі, або не достатньо точні. Ця обставина різко обмежує точність прогнозу, а в окремих системах робить її неможливою.

Таким чином, сьогодні гостро постає питання підвищення точності прогнозування стану охорони праці підприємств. Стан охорони праці підприємства загалом може бути охарактеризовано рівнями травматизму, професійної захворюваності та продуктивності праці працівників. Одним із перспективних напрямів з цього питання автор вважає прогнозування за допомогою часових рядів. Найбільш поширеними методами є: «Авторегресійні моделі; ARMA, ARIMA, GARCH, Гусениця (Голяндіна «2003); Нейромережні моделі; Адаптивні методи короткострокового

прогнозування; Адаптивна авторегресія; Адаптивна селекція моделей; Адаптивна композиція моделей» [4;5] та ін.

В основу прогнозу може бути покладена одновимірна лінійна регресія, що відображає залежність цільової функції (показника безпеки) від речової ознаки (чинника небезпеки).

На рис. 1 показано приклади даних спостережень про тимчасову втрату працездатності працівників підприємства через дію факторів небезпеки. На рис. 1 а фактором небезпеки є пора року (тепла/холодна), а на рис. 1 б – перевищення допустимого рівня шуму (1 – до 10 дБА, 2 – на 10-15 дБА, 3 – понад 15 дБА).

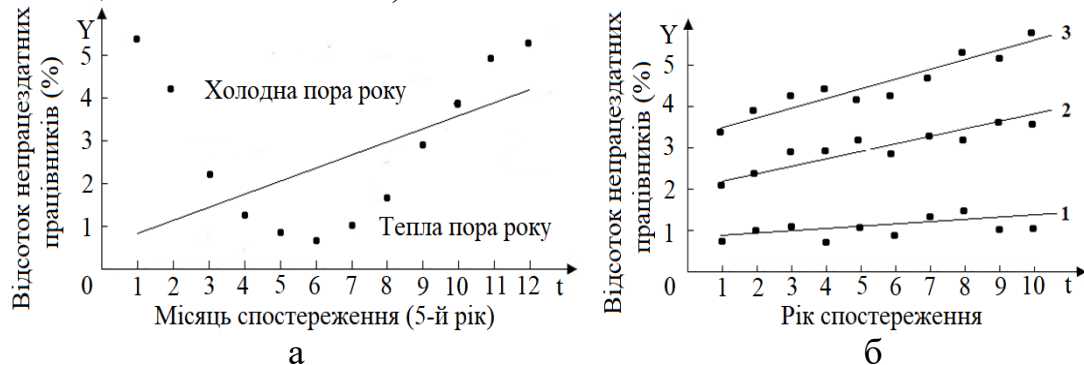


Рисунок 1 – Залежність цільового показника від часу спостереження

Для підвищення точності прогнозів виробничі процеси слід розглядати як багатофакторні. Це вимагає проведення досліджень щодо розширення бази даних про вплив факторів на стан охорони праці. Дослідження треба проводити, відповідно до державних стандартів про склад шкідливих та небезпечних виробничих факторів, а також гігієнічну класифікацію умов праці [1;2]. Для цього пропонується створити аналітичні групи (або окремі інженерні посади) зі збирання та опрацювання відповідних статистичних даних. Такі групи можуть створюватися на різних рівнях управління охороною праці: від об'єктового до державного рівня. Збір та обробка даних, а також їх доступність для зацікавлених підприємств дозволить підвищити точність прогнозування. Завдяки цьому підвищиться ефективність превентивних заходів та безпека виробничих процесів загалом.

Список використаних джерел:

1. Вахонєва Т.М. Основи охорони праці в Україні: навч. посіб. К. 2019. 508 с.
2. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охорона праці: навч. посіб. 2-ге вид.– К. 2011. 280 с.
3. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику.
4. Ганчук А. А., Соловійов В. М., Чабаненко Д. М. Методи прогнозування: навч. посіб. – Черкаси. 2012. 140 с.
5. Лук'яненко І. Г., Жук В. М. Аналіз часових рядів. Частина перша: Побудова ARIMA, ARCH/GARCH моделей з використанням пакета E.Views 6.0. Практичний посібник для роботи в комп'ютерному класі. К. 2013. 187 с.

## ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Кравченко Р.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Хондак І.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.ОП

м. Харків, Україна

e-mail: [roman.kravchenko1@nure.ua](mailto:roman.kravchenko1@nure.ua)

This work examines issues of environmental safety in the production of radio electronics, pollution risks, waste management problems, and resource problems. The focus is on effective strategies such as green technologies and waste recycling for a sustainable future. Further research could include quantification of environmental impacts and consideration of wider social and economic implications.

Використання автоматизованих систем та комп'ютеризованих технологій у створенні радіоелектронних пристроїв дає численні переваги для ефективності та якості продукції. Однак ці досягнення також створюють унікальні проблеми екологічної безпеки, які потребують ретельного розгляду.

### **Екологічні ризики та занепокоєння**

#### **Забруднення повітря:**

1. Процеси паяння, що використовуються у виробництві радіоелектронних пристроїв, можуть виділяти леткі органічні сполуки (ЛОС) та інші забруднюючі речовини в повітря, впливаючи на якість повітря та сприяючи утворенню смогу, якщо їх не контролювати належним чином[1].

2. Автоматизоване обладнання та процеси очищення можуть використовувати небезпечні хімічні речовини, які можуть виділяти шкідливі забруднювачі повітря, якщо з ними не поводитися та не утилізувати відповідально [4].

#### **Забруднення води:**

1. Стічні води, що утворюються в процесі очищення, можуть містити важкі метали, кислоти та інші небезпечні речовини, які можуть забруднювати джерела води, якщо їх не обробляти належним чином.

2. Витік або розливи з автоматизованого обладнання, що працює з небезпечними матеріалами, можуть становити значну загрозу для водних ресурсів, впливаючи на водні організми та потенційно забруднюючи запаси питної води [2].

### **Поводження з відходами:**

1. Швидка еволюція електронних пристроїв часто призводить до утворення великої кількості відходів пов'язаних з їх компонентами, які, якщо їх не утилізувати відповідально, можуть виділяти небезпечні речовини в навколишнє середовище через неналежне поведіння або незаконне звалище [3].

2. Неefективне використання ресурсів в автоматизованих системах може призвести до збільшення утворення відходів, створюючи додаткове навантаження на інфраструктуру поведіння з відходами [3].

### **Споживання ресурсів:**

1. Високі вимоги до енергії автоматизованих систем та обладнання, керованого комп'ютером, можуть сприяти збільшенню викидів парникових газів та навантаженню на енергетичні ресурси [3].

2. У виробничих процесах можуть використовуватися водомісткі процедури, що викликає занепокоєння щодо виснаження ресурсів і потенційного впливу на доступність води, особливо в посушливих регіонах.

### **Зменшення ризиків та сприяння сталому розвитку**

Незважаючи на пов'язані з цим проблеми, переваги автоматизації та комп'ютеризованих технологій можуть бути використані для досягнення екологічної стійкості у виробництві радіоелектронних пристроїв. Ось кілька ключових стратегій:

**1. Інвестиції в «зелені» технології:** Впровадження енергоефективного обладнання, використання відновлюваних джерел енергії та впровадження передових систем очищення повітря та води може значно зменшити вплив виробничих потужностей на навколишнє середовище.

**2. Оптимізація споживання ресурсів:** Впровадження систем замкнутого циклу для відновлення води та матеріалів у рамках автоматизованих процесів може мінімізувати утворення відходів та виснаження ресурсів [2].

**3. Сприяння замкнутому циклу переробки електронних відходів:** Створення надійних систем збору, демонтажу та відповідальної переробки електронних відходів може забезпечити відновлення цінних матеріалів і запобігти забрудненню навколишнього середовища [4].

**4. Використання автоматизації для моніторингу та контролю навколишнього середовища:** автоматизовані системи можуть бути використані для безперервного моніторингу викидів в атмосферу, якості

води та споживання ресурсів, що дозволяє коригувати в режимі реального часу та рано виявляти потенційні проблеми [4].

**5. Співпраця та обмін знаннями:** Сприяння співпраці між партнерами галузі, дослідниками та регулюючими органами може сприяти розробці та впровадженню найкращих практик сталого виробництва радіоелектронних пристроїв [2].

Майбутнє сталого створення радіоелектронних пристроїв полягає у використанні потенціалу автоматизації та цифровізації, одночасно активно вирішуючи пов'язані з ними екологічні проблеми. Впроваджуючи комплексні стратегії екологічного менеджменту та використовуючи технологічні досягнення, галузь може досягти як економічного зростання, так і екологічної відповідальності, будуючи більш стійке майбутнє для всіх.

#### Список використаних джерел:

1. During Musical Instrument Repair. URL: <https://bit.ly/3P5y5xY> (дата звернення: 04.03.2024)
2. Akinloluwa Babalola, Patrick Manu, Clara Cheung, Akilu Yunusa-Kaltungo, Paulo Bartolo. A systematic review of the application of immersive technologies for safety and health management in the construction sector. URL: <https://bit.ly/49Fgaqc> (дата звернення: 04.03.2024)
3. Computerized Systems in the Food Processing Industry. URL: <https://bit.ly/3wyddcg> (дата звернення: 04.03.2024)
4. Radioisotope handling facilities and automation of radioisotope production. URL: IAEA-TECDOC-1430 (дата звернення: 04.03.2024)

УДК 504.5

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Літвін В.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Хондак І.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ОП

м. Харків, Україна

e-mail: [viktoriiia.litivn@nure.ua](mailto:viktoriiia.litivn@nure.ua)

This work is devoted to exploring various methods of environmental protection and control since the influence that humanity is having on the environment might become uncontrollable in the nearest future. The main methods of environmental control and their subtypes were considered and analyzed. In particular, it was researched which aspects of control are most effectively performed by these types and what they are best used for. This was proven in the examples of the study of the atmosphere, hydrosphere, and lithosphere.

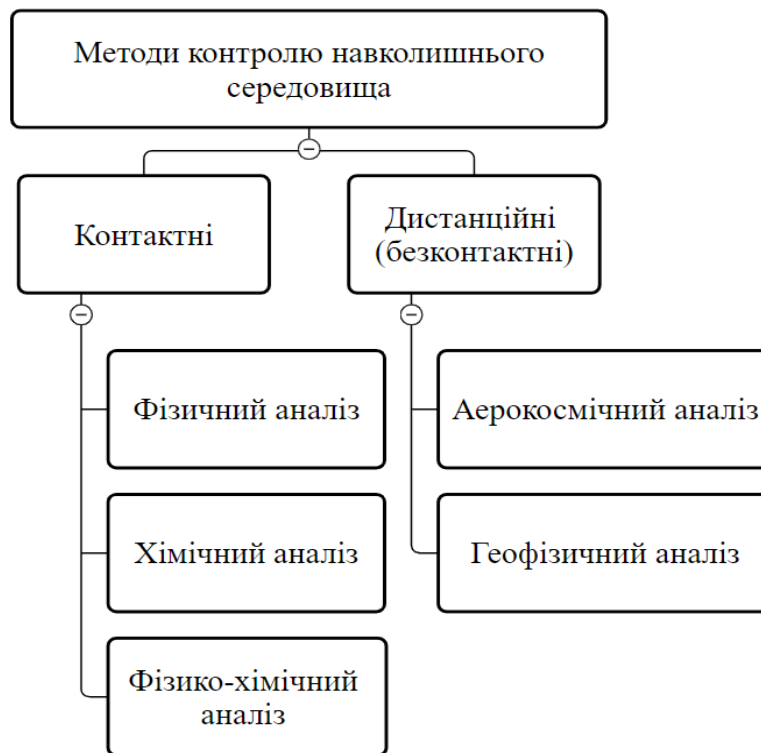
З кожним роком наукові, технологічні, виробничі можливості людства безперервно розширюються, але разом із цим все більше завдається шкода навколишньому природному середовищу. Через значний вплив людини вже з'явилися такі проблеми, як: глобальне потепління, забруднення повітря і водоймищ тощо. Це призвело до того, що були створені певні заходи контролю людської діяльності та стану природного середовища.

За Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» основними принципами його захисту є пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість дотримання нормативів використання природних ресурсів при здійсненні будь-якої діяльності та гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей. Цей закон також чітко окреслює всі дозволені способи забезпечення екологічно безпечного стану навколишнього середовища та ситуації, при яких їх можна застосувати [1].

Основними напрямками застосування певних методів є контроль атмосфери, гідросфери та літосфери. В основному проводиться аналіз середовища на наявність забруднень або різких змін, які могли б значно вплинути на якість життя та стан живих організмів на певній території. Але які з усіх методів здатні найефективніше проаналізувати кожен з цих аспектів біосфери?



Основні методи контролю навколишнього середовища представимо у формі схеми на рис.1. [2].



**Рис. 1** – Класифікація методів контролю навколишнього середовища

Двома головними видами методів є контактні та безконтактні. Їх назви чітко відображають суть: використання контактних методів вимагає пряму взаємодію з досліджуваним об'єктом, коли дистанційні методи навпаки можуть надавати потрібну інформацію на відстані.

При дослідженні, наприклад, ґрунтів дуже важливо взяти правильну пробу, яка дозволить науковцю проаналізувати велику ділянку землі. Також важливо дивитися на загальну картину у великому масштабі. Це означає, що безконтактні методи мають значну перевагу – завдяки аерокосмічним дослідженням, що використовують, наприклад, фотозйомку, інфрачервону, радіотеплову зйомку, набагато легше контролювати великі ділянки. Ще одною перевагою є можливість швидкого реагування на певні негативні фактори, бо завдяки зондуванню можна у будь-який момент перевірити стан ділянки землі.

Але також є й недолік: неможливість напряму вплинути на досліджуваний об'єкт. Наприклад, можливість очищення ґрунту від забруднення є тільки у контактних методів, зокрема фізичних та хімічних. Перші, в основному, полягають у проходженні електричного струму крізь ґрунт з метою здійснити окиснення шкідливих речовин, а другі

використовують хімічні розчини з сильними окиснювачами для промивки ґрунту [3]. Робимо висновок, що для первинного аналізу та нагляду за літосферою ефективними є дистанційні методи контролю, але тільки контактні можуть забезпечити потрібний вплив на довкілля.

Схожою ситуація є з контролем гідросфери. Зараз існує багато автоматичних станцій - пристроїв, що дають змогу дистанційно швидко отримувати та опрацьовувати інформацію про фізичні властивості і хімічний склад поверхневих вод: глибина, температура, кисень, хлор, катіони тощо [4]. Це значно спрощує аналіз вод на великих ділянках, але все одно вплинути на гідросферу можна тільки контактними методами, конкретніше – хімічними та фізико-хімічними. Вони здатні позбавити воду від розчинних та нерозчинних речовин.

При дослідженні атмосфери найефективнішими є дистанційні методи, які дозволяють безперервно визначати середні концентрації шкідливих речовин по площі. Також вони дозволяють оцінити потенційний напрям забруднень з повітрям, його температуру тощо. Але, нажаль, на даний момент оцінка завданої шкоди – єдине, що ми можемо зробити, тому що ще не існує універсального методу очищення повітря, тільки технології, які дозволяють зменшити подальше забруднення.

Підсумовуючи все наведене вище, можемо сказати, що кожен тип методів контролю навколишнього середовища важливий та ефективний по-своєму. Для нагляду за довкіллям доречно використовувати дистанційні методи, а для безпосереднього на нього впливу, де це взагалі можливо зробити, стануть у нагоді контактні методи.

#### Список використаних джерел:

1. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 02.03.2024).
2. Технологія і засоби моніторингу довкілля. URL: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2018/01/Lec-5M.pdf> (дата звернення: 02.03.2024).
3. Методи очищення ґрунту від забруднення. URL: <https://moayaosvita.com.ua/ekologiya/metodi-ochishhennya-gruntu-vid-zabrudnennya/> (дата звернення: 03.03.2024).
4. Сучасні методи і засоби контролю забруднення поверхневих та підземних вод. URL: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2020/09/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F-5-%D0%9D2%D0%9E-n.pdf> (дата звернення: 03.03.2024).

УДК 628.336.6

## **ПЕРЕРобКА ВІДХОДІВ, ЗБАГАЧЕНИХ ОРГАНІЧНОЮ РЕЧОВИНОЮ, З ОТРИМАННЯМ БІОГАЗУ**

Морозова К. О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Хондак Інна Івановна  
Харківський національний університет радіоелектроніки м. Харків,  
Україна

e-mail: [krystyna.morozova@nure.ua](mailto:krystyna.morozova@nure.ua)

In this work, I have explored how to obtain biogas and its benefits for people's daily lives. I have also gathered data from existing biogas facilities in Ukraine. Additionally, I have explained the overall process of obtaining biogas and outlined each stage step by step.

Органічні відходи і відходи з підвищеним вмістом органічних речовин при неорганізованих скидах і стихійному складуванні є найбільш небезпечними для будь-яких складових навколишнього природного середовища. До них належать відходи деревообробки (тирса, стружка, листя, гілки тощо), харчової промисловості (жом, меляса, шрот), переробки сільськогосподарської продукції (дефекат, солома, висівки), осади стічних вод, тверді побутові відходи. Головним чинником їхньої негативної дії є процеси гниття та інші біохімічні перетворення, які супроводжуються інтенсивним накопиченням і міграцією в суміжні середовища дуже токсичних, часто добре розчинних органічних продуктів.

Суттєвим поштовхом для поліпшення ситуації в цій сфері стала затверджена Кабінетом Міністрів України «Програма поводження з твердими побутовими відходами» № 265 (від 14.03.04) [1]. Згідно з нею передбачається організація розподільного збору окремих компонентів побутових відходів, застосування компостування їхньої органічної частини, піролізу, спалювання та інших способів утилізації або видалення шкідливих компонентів у місцях утворення відходів, забезпечення локалізації негативного впливу на довкілля виведених з експлуатації полігонів ТПВ, а також створення сучасних полігонів побутових відходів зі знешкодженням фільтрату або отриманням і наступним використанням біогазу.

Фінансове забезпечення виконання Програми передбачено здійснювати за рахунок коштів державного бюджету, у тому числі Державного фонду охорони навколишнього природного середовища, а також із залученням приватного капіталу.

Біогаз являє собою суміш приблизно 65% метану ( $\text{CH}_4$ ), 30% вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ), 1–2% сірководню ( $\text{H}_2\text{S}$ ) і незначних домішок азоту ( $\text{N}_2$ ), кисню, водню й окису вуглецю ( $\text{CO}$ ) (рис. 1) [2].

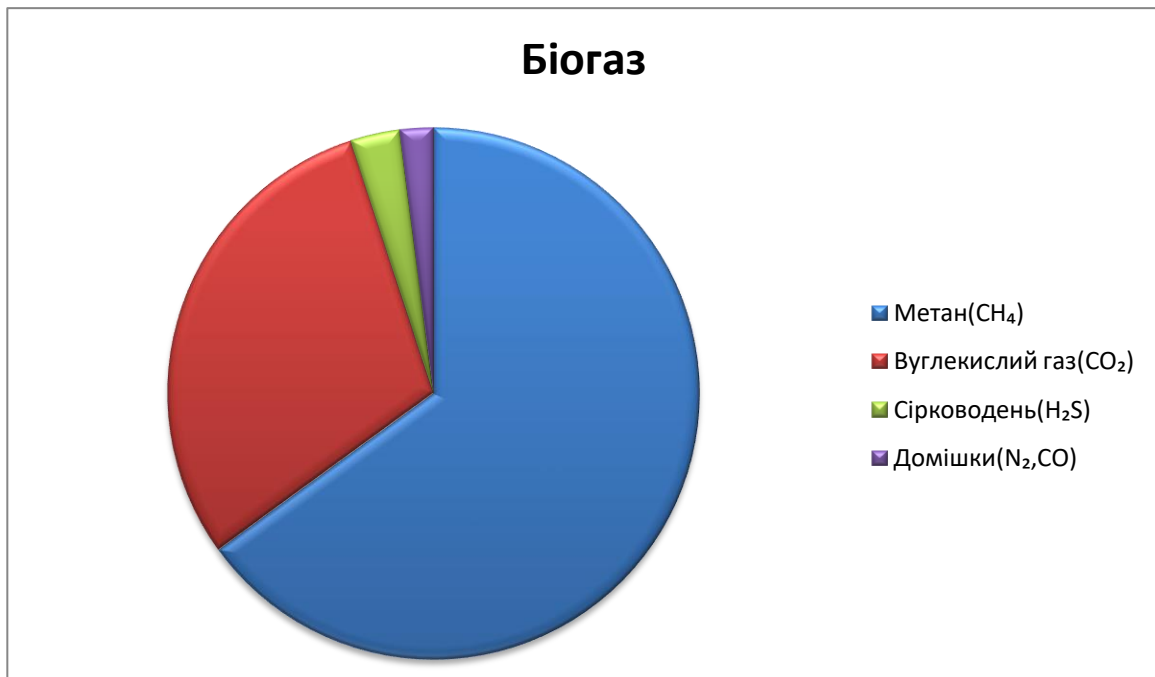
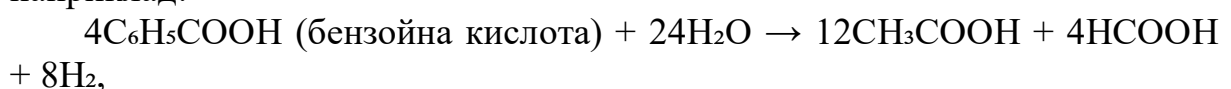


Рисунок 1 – Склад біогазу

За сучасними підходами він класифікується як один із видів нетрадиційних відтворюваних джерел теплової енергії. Енергія 28 м<sup>3</sup> біогазу еквівалентна енергії 16,8 м<sup>3</sup> природного газу, 20,8 л нафти або 18,4 л дизельного палива. Зазначений газ утворюється в результаті анаеробної ферментації органічних відходів різного походження.

Біохімічний і мікробіологічний процес отримання біогазу здійснюється в три етапи:

- розчинення і гідролізу органічних складових відходів;
- ацидогенезу утворених субстратів за участі бактеріальної мікрофлори, яка спричиняє деструкцію складних органічних речовин з утворенням простих органічних продуктів: альдегідів, кетонів, спиртів, низькомолекулярних органічних кислот (оцтової, пропанової, масляної молочної тощо), а також водню і вуглекислого газу;
- метаногенезу продуктів ацидогенезу (зокрема вуглекислого газу), який полягає у відновленні даного газу метаноутворювальними бактеріями в метан з поглинанням вільного водню. З біохімічного погляду метаногенез, або метанове "бродиння", – це не що інше, як процес анаеробного дихання мікроорганізмів (метанобактерій), у ході якого електрони з органічної речовини переносяться на вуглекислий газ і відновлюють останній до метану. Цей процес проходить у кілька етапів, наприклад:



$4\text{НСООН}$  (форміатна кислота)  $\rightarrow 4\text{СО}_2 + 4\text{Н}_2$ ,  $3\text{СО}_2 + 12\text{Н}_2 \rightarrow 3\text{СН}_4 + 6\text{Н}_2\text{О}$ , тобто

$4\text{С}_6\text{Н}_5\text{СООН} + 18\text{Н}_2\text{О} \rightarrow 15\text{СН}_4 + 13\text{СО}_{22}$  [2].

Діючі біогазові установки в Україні представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Діючі біогазові установки в Україні

Підприємство	Рік запуску	Поголів'я	Сировина	Об'єм сировини, тонн на добу	Об'єм реакторів, м <sup>3</sup>	Потужність, кВт	Технологія
Свиноферма комбінату "Запоріжсталь", Запоріжжя	1993	12 000	Гній	20-22	595	-	Bigadan Ltd, Данія
Свиноферма корпорації "Агро-овен", Оленівка, Дніпропетровська область	2003	15 000	Гній, жирові відходи	80	2x1000	180	BTG, Нідерланди
Аграрна компанія "Еліта", Терезине, Київська область	2009	1 000	Гній	60	1 500	250	LIPP, ФРН
Ферма ВРХ "УМК", В. Крупіль, Київська область	2009	6 000	Гній	400	3x2400 + 1 000	955	"Зорг", Україна

Отже, на сьогоднішній день, можлива переробка відходів, отриманих з органічної сировини, особливо побутових відходів, методом видалення біогазу.

#### Список використаних джерел:

1. Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами: постанова Кабінету Міністрів України; Програма, Заходи від 04.03.2004 № 265.

2. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р., Кравчинський Р. Л. Екологічна стандартизація та запобігання впливу відходів на довкілля : навч. посібник – К. : ВПЦ "Київський університет", 2016. – 192 с.

УДК 504.5

## ТЕХНОГЕННІ НЕБЕЗПЕКИ – ЗАГРОЗА СТАЛОМУ РОЗВИТКУ МІСТ

Рябініна І.О.

Науковий керівник – доцент, завідувач кафедри Стищенко Т.Є.  
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ОП,  
м. Харків, Україна

e-mail: [inna.riabinina@nure.ua](mailto:inna.riabinina@nure.ua).

Today, looking at the current state of cities, especially the consequences of the impact of hazard factors on the environment and humanity, causing damage to the economy and inhibiting the achievement of sustainable development goals, and, as a result, maintaining a high standard of living, there is an acute question of preventing the occurrence of various types of man-made hazards . The concept of sustainable development is aimed at finding a balance between economic development of the country, environmental protection, prevention of man-made disasters, sustainability of cities and social welfare of the population.

В сучасному світі навіть незначне порушення нормальних умов життєдіяльності – відсутність якісної питної води, електро-, газо- і тепlopостачання (в осінньо-зимовий період та в період воєнних дій) та зміна технічного стану житлового будинку в результаті руйнування, під впливом воєнних чинників небезпеки, в наслідок якої він став аварійним або взагалі непридатним для життя, зміна стану території, в наслідок якої проживання населення і проведення господарської діяльності є неможливим – все це не сприяє сталому розвитку міст та системному підходу до підвищення рівня життя населення [1].

У процесі розвитку міста виникає проблема управління великими обсягами даних та інформації, пов'язаних із станом інфраструктури та ризиками. Запровадження інноваційних технологій та систем аналізу даних може значно полегшити цей процес. Наприклад, використання інтернету речей для моніторингу стану мостів, тунелів та інших інфраструктурних об'єктів може підвищити ефективність нагляду та реагування на можливі аварії.

Крім того, сталі виклики управління військовими конфліктами і природними катастрофами вимагають розробки стратегій та сценаріїв для невідкладного реагування. Національна система попередження та реагування на надзвичайні ситуації повинна бути ретельно вивчена та модернізована для забезпечення максимальної ефективності в умовах кризових ситуацій [2].

У відповідь на ці виклики, інтегровані підходи до планування міського розвитку та ризик-орієнтовані стратегії можуть допомогти побудувати міста, які не тільки витримують стрімкий розвиток, але й ефективно впораються із зовнішніми негативними впливами.

Бажаним результатом втілення концепції сталого розвитку є побудова суспільства, у якому умови життя та ресурси задовольняють людські потреби без підриву планетарної цілісності й стабільності природної системи [3].

Поняття стійкості охоплює процеси, пов'язані як із природними (землетруси, урагани, циклони, посухи), так і з антропогенними небезпеками, такими як техногенні прорахунки людини чи навмисні злочинні атаки. Однією з антропогенних небезпек є агресія по відношенню до міського середовища, що гостро та катастрофічно проявляється під час військової агресії на території України, коли здійснюється руйнівний вплив на стійкість міського середовища.

Можливо зробити висновки, що для усунення вразливостей міст необхідні комплексні заходи планування, розробка структури, що враховує поточні та майбутні вразливі міста, як частини процесу планування. Такий підхід із його різноманітними планувальними інструментами, процедурами, політикою та стратегією мають потенціал для боротьби з існуючими проблемами і створюють можливості для підготовки міста до подальших ризиків і потрясінь [4].

Державний реєстр України налічує понад 23 тисячі потенційно-небезпечних об'єктів, до яких належать промислові підприємства, шахти, кар'єри, магістральні газопроводи, нафтопроводи, продуктопроводи, гідротехнічні споруди, вузлові залізничні станції, мости, тунелі, накопичувані й полігони промислових відходів, місця зберігання небезпечних речовин, які не сприяють стійкості міст та потребують значної пильної уваги, з огляду контролю [5].

З цією метою нагляд стану об'єкта і вжиття відповідних (у низці випадків – надзвичайних) заходів необхідно використовувати постійно діючу систему обліку, збору, аналізу та поширенню інформації про стан контрольованого об'єкта.

Отже, в Україні під час воєнного стану та вже в період повоєнної відбудови слід буде враховувати як ступінь ураженості та вразливості того чи іншого населеного пункту, так і місцеві особливості, притаманні кожному регіону країни.

#### Список використаних джерел:

1. Брінь П., Венлунь Я. Концепція сталого розвитку: від благодійності до джерела підвищення конкурентоспроможності підприємства. 2023. С. 7-19.
2. Barani, A., Kahraman, Z.E. Uncovering Vulnerabilities and Resilience of Benghazi After the War. *Resilience Journal*. 2019. №3 (2). P. 165-171. DOI: <https://doi.org/10.32569/resilience.586657> (дата звернення 29.02.2024).
3. Сержан В.А. Резильєнтність міського середовища: Світовий контекст // Міжнародна конференція молодих учених «Харківський природничий форум» (18-19 травня). Харків, 2023. (Електронне видання), С. 223.
4. Електронний репозитарій Національного університету цивільного захисту (eNUCPUIR), <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19416> (дата звернення 29.02.2024).
5. Визначення індексу УДК. Послуги НБ ХНУРЕ // YouTube. URL <https://www.youtube.com/watch?v=piMx4tujUFs> (дата звернення: 29.02.2024).

УДК 351.82:330.341

## СТАЛИЙ РОЗВИТОК – ПАНАЦЕЯ ЧИ УТОПІЯ?

Чуйков Д.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Пронюк Г.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, кафедра ОП  
м. Харків, Україна

e-mail: [dmytro.chuikov@nure.ua](mailto:dmytro.chuikov@nure.ua)

This work is devoted to the issues of sustainable development and the goals set by the UN until 2030. The basics of the concept of sustainable development of the world are considered. The position of the leadership of Ukraine on this concept and state documents regulating issues of the Sustainable Development Goals in our country are being studied. Questions related to the criticism of the concept of sustainable development and the attitude towards it as a utopia are raised.

У сучасному світі технологічне та економічне зростання суспільства супроводжується шаленим демографічним ростом, що неможливо без збільшення антропогенного впливу на довкілля, при цьому порушується й соціальна рівновага. Зіткнувшись із надмірною експлуатацією природних ресурсів, екологічними та соціальними кризами, людство запропонувало концепцію сталого розвитку. У 2015 року 193 країни світу затвердили чергових 17 Глобальних Цілей Сталого Розвитку (ЦСР) до 2030 р. Таким чином більшість держав на планеті вирішили об'єднати зусилля для подолання глобальних проблем людства – бідності, голоду, нерівності, низького рівня життя, забруднення природи та інших. Тепер кожна країна має власну політику в їх досягненні, виходячи з власних можливостей та наявних ресурсів. Україна також у 2018 р. затвердила Стратегію сталого розвитку до 2030 року, а у 2019 р. затверджений Указ президента Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року [1].

Сталий розвиток має на меті досягнення соціальної та економічної справедливості, збереження навколишнього середовища та відновлення використаних природних ресурсів. Для реалізації своєї стратегії кожна країна має включити ЦСР у державні стратегічні документи, потім у плани реалізації цих документів, а відтак у бюджетах різних рівнів передбачити для них фінансування. Й це виявляється іноді складним та довгим процесом.

Як показало дослідження експертів ІСЕД, 81 завдання (94%) повністю або частково враховане в українських стратегічних документах. Більш того, немає жодної цілі, що була б зовсім не відображена у документах



державних політик. При цьому, найбільша кількість завдань ЦСР в Україні врахована у сфері збереження навколишнього середовища, соціального захисту, торгівлі, промисловості і економічного розвитку.

У 2019 р. Кабінет Міністрів України затвердив перелік індикаторів, у розрізі яких здійснюється збір даних для моніторингу реалізації Стратегії, оприлюднення даних та координацію робіт з розробки метаданих за індикаторами. У 2021 році запроваджено постійний моніторинг індикаторів досягнення Цілей сталого розвитку.

Вторгнення Російської Федерації в Україну має суттєвий негативний економічний ефект. Україна зіштовхнулася з найбільшою хвилею еміграції та суттєвим зростанням безробіття, ростом інфляції та цін на продовольство та енергоносії [2]. Попри безпекові, суспільні, економічні та екологічні виклики, спричинені повномасштабним вторгненням Росії, що триває, експерти Програми розвитку ООН у 2023р. підтвердили відданість та зацікавленість України у досягненні цих критично важливих орієнтирів.

У той же час, незважаючи на всесвітню підтримку концепції сталого розвитку, багато науковців, міжнародних експертів з управління та економіки говорять про Сталу Утопію, беручи під сумнів реальність даної концепції до розвитку людства. Аргументів для цього достатньо. В історичному контексті розвитку нашої цивілізації, в усталеному класовому суспільстві концепція рівності вважається неможливою. До того ж на користь «утопічної» критики грає висока вартість реалізації ЦСР та відсутність центру, який би гарантував або контролював реалізацію цих цілей.

Також концепцію сталого розвитку звинувачують у відсутності конкретності в рішеннях. Не існує теоретичної та практичної бази для реалізації ідей сталого розвитку, що часто залишає їх нереалізованими практично.

Щодо самих 17 ЦСР також йшла жвава дискусія. The Economist у статті «169 заповідей» назвав їх «хаосом», порівнюючи з попередніми 8 «Цілями розвитку тисячоліття», які діяли до 2015 року. Експерти [3, 4] зазначали, що деякі цілі (наприклад, економічне зростання та боротьба зі змінами клімату) конкурують між собою, а інші (наприклад, подолання бідності) є за суттю аналогом більшості інших. Інше актуальне питання критиків концепції, чи можливо одночасно бути економічно і екологічно сталими? Наприклад, ЦСР 1 передбачає, що підвищення врожайності в країнах з низькими доходами та дефіцитом продовольства вимагає «відповідних і сучасних технологій, які... сприяють модернізації місцевих методів виробництва та полегшують передачу технологій». Тобто такі

країни копіюють методи більш розвинутих країн, не беручи до уваги екологічні та соціальні витрати, наполягаючи на тому, що ці втрати пояснюються ринковими коригуваннями [4].

Тем не менш, ми маємо розуміти, що світова економіка та технології найчастіше розвиваються за рахунок дешевої робочої сили, забруднення навколишнього середовища, витрати природних ресурсів. Сучасний рівень використання природних та людських ресурсів не є «стійким» чи життєздатним, що впливатиме на довкілля та якість життя наступних поколінь. Тому, збалансування економічної, соціальної та екологічної сфер дуже важливе та є запорукою майбутнього. Можливо концепція сталого розвитку й буде змінюватися з часом, ставити перед людством інші ЦСР, однак без спільного рішення всіх країн щодо захисту навколишнього середовища та збереження нашої планети у людства немає майбутнього.

#### Список використаних джерел:

1. Указ Президента України № 722/2019 Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>.
2. Є. В. Буряк, К. Ю. Редько, А. О. Чорновол, О. В. Орленко, Соціально – економічні аспекти сталого розвитку України в умовах війни. Наукові записки Львівського університету бізнесу та прав, № 34/2022. URL: <https://nzlubp.org.ua/index.php/journal/article/view/617/568>.
3. Eskelinen, Teppo, Interpreting the Sustainable Development Goals through the Perspectives of Utopia and Governance. Forum for Development Studies, 2021, Vol. 48, Issue 2, pp. 179-197.
4. Carant, J. B., Unheard voices: a critical discourse analysis of the millennium development goals' evolution into the sustainable development goals. Third World Quarterly, 2017, Vol. 38, No. 1, pp. 16–41.

УДК331.45:614.89-048.78

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ У ВДОСКОНАЛЕННІ ЗАСОБІВ  
ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

Юзифович Р. Ю.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Хондак І.І., каф. ОП  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
м. Харків, Україна

e-mail: [ruslana.iuzyfovych@nure.ua](mailto:ruslana.iuzyfovych@nure.ua)

Personal protective equipment is a key element in ensuring the protection of employees from harmful production factors. This paper discusses methods of improving the effectiveness of protective equipment by introducing innovative technologies into their development. Particular attention is paid to such innovations as exoskeletons, augmented reality, wearable technologies and nanomaterials. The prospects of integrating these technologies into PPE are analyzed and a conclusion is made as to whether they can become a standard in labor protection.

Робота в умовах, що характеризуються показниками шкідливих факторів, які перевищують гігієнічні норми, спричиняє погіршення самопочуття працівників і розвиток захворювань, тому дозволена тільки привикористанні засобів індивідуального захисту.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) – засоби, призначені для нейтралізації або мінімізації впливу на працівника наявних на робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих чинників [1].

Впровадження інноваційних технологій в розробку ЗІЗ дозволяє трансформувати традиційні засоби захисту в технологічно передові захисні продукти, які можуть запобігти більшій кількості травм та забезпечити не лише захист, а й комфорт працівників на робочому місці.

Технологічні інновації, як-от: носимі технології, екзоскелети, наноматеріали, доповнена реальність – відіграють значну роль у підвищенні ефективності й якості захисних засобів.

Основним напрямком вдосконалення захисних засобів є створення «розумних» ЗІЗ. Їх особливість полягає у вбудованих мініатюрних датчиках, які відстежують тепловий стрес, навантаженість, рівень втоми та повідомляють керівнику і працівникам про незадовільні показники [2; 4]. Таким чином здійснюється профілактика нещасних випадків і проблем зі здоров'ям. Різноманіття датчиків залежно від функціональності досить велике, деякі з них можуть збирати інформацію про температуру, вологість і концентрацію хімічних речовин в приміщенні, а також слідкувати за нормами носіння ЗІЗ [3]. Завдяки таким можливостям «розумні» ЗІЗ мають потенціал для застосування в багатьох галузях (табл. 1 [3; 4]).

Таблиця 1 – Приклади застосування розумних ЗІЗ в різних галузях

Галузь	Приклади розумних ЗІЗ
Будівництво	«Розумні» шоломи з вбудованим дисплеєм, на якому відображаються креслення й інструкції з безпеки. Смарт-черевики мають вбудовані датчики, що визначають, якщо людина впала або вдарилася і негайно повідомляють про місцезнаходження потенційного потерпілого. Інтелектуальне спецвзуття дозволяє спілкуватися, не використовуючи руки, зокрема, постукуючи ногою, щоб підтвердити отримання повідомлення. До того ж, такі моделі самозаряджаються під час ходьби.
Охорона здоров'я	Маски з датчиками, які відстежують життєві показники медпрацівників та сповіщають про можливе зараження інфекціями.
Пожежна безпека	Протигази з тепловізором, які допоможуть пожежникам швидше шукати постраждалих. Захисні костюми з датчиками, які вимірюють температуру тіла та навколишнього середовища.
Видобуток корисних копалин	«Розумні» шоломи, що можуть виявляти небезпечні гази і дозволяють відстежувати пересування робітників під землею завдяки вбудованій системі GPS.
Хімічна промисловість	Захисні костюми, які виявляють витіки токсичних газів і підвищення концентрації хімічних речовин в повітрі.

Щоб зменшити кількість інцидентів, пов'язаних з зіткненням робітників та транспортних засобів, було створено систему попередження про близькість SiteZone. Вдосконалені ЗІЗ, переважно каски, містять вбудований транспондер, а на транспортні засоби встановлюється невелика базова станція, яка створює навколо них зону виявлення. При перетині працівником з вдосконаленою каскою цієї зони, спрацьовує система оповіщення, яка попереджує водія та робітника про можливу аварію[5].

Великий потенціал має інтеграція доповненої реальності в ЗІЗ. Розумні захисні окуляри, оснащені доповненою реальністю, можуть накладати на поле зору користувача додаткові цифрові дані, наприклад сповіщення про загрози та інструкції з безпеки[4]. Вся важлива інформація знаходиться у працівників перед очима, це підвищує їхню продуктивність та зменшує ймовірність нещасних випадків [2].

Нанотехнології дозволяють створити нові матеріали для ЗІЗ, захисні костюми, пошиті з нових тканин, більш стійкі до небезпечних чинників і можуть навіть самоочищатися. Вони також забезпечують працівникам більший комфорт, оскільки мають меншу вагу та кращу повітропроникність, не втрачаючи при цьому захисні функції, це значно полегшує роботу в літній сезон [2].

Технологія екзоскелета для працівників здатна неабияк покращити роботу в будівельній та гірничій промисловостях. Основна функція цих пристроїв полягає в підтримці м'язів і суглобів користувача, зменшенні навантаження, підвищенні сили й витривалості. Працівники, оснащені екзоскелетом, можуть виконувати фізично важку роботу з мінімальною шкодою для опорно-рухового апарату, це зменшує можливість виникнення травм шиї, плечей і спини, що характерно для фізичної праці [2].

Впровадження інноваційних технологій у розробку ЗІЗ має вагомі переваги, серед них зниження ризику нещасних випадків і професійного травматизму, підвищення комфорту, захищеності та продуктивності працівників. Вдосконалені ЗІЗ мають потенціал, щоб стати стандартом в охороні праці, але це потребує продуманої стратегії, в межах якої буде розв'язано питання фінансової доступності, навчання працівників та забезпечення конфіденційності даних.

#### Список використаних джерел:

1. Голінько В.І., Третякова Л. Д., Чеберячко С. І. Проектування засобів індивідуального захисту працюючих: навч. посіб. Дніпро, 2017. 181с.
2. Tech trends: how technology is shaping the future of PPE. HSE network. 2023. URL: <https://www.hse-network.com/tech-trends-how-technology-is-shaping-the-future-of-ppe/> (дата звернення: 24.02.2024).
3. The evolution of smart PPE: how technology is transforming safety gear. Medium.com. URL: <https://medium.com/@stobelssupply0/the-evolution-of-smart-ppe-how-technology-is-transforming-safety-gear-f46137a681b1> (дата звернення: 22.02.2024).
4. Whitley E. Next-gen PPE technology: advanced solutions for superior plant safety. ISHN.com. URL: <https://www.ishn.com/articles/113954-next-gen-ppe-technology-advanced-solutions-for-superior-plant-safety> (дата звернення: 25.02.2024).
5. Why companies must invest in wearables for staff. Manufacturing Digital. URL: <https://manufacturingdigital.com/lean-manufacturing/why-companies-must-invest-wearables-staff> (дата звернення: 29.02.2024).

## АЛФАВИТНИЙ СПИСОК

<b>А</b>		<b>З</b>	
Александров І. О.	85	Зарубін І. С.	19
Алістратов О. М.	107	Здорик Н. В.	154
Алпатов Ф. В.	88	Зіад К.	70
Антоненко Ю. О.	136	Зінченко Д. О.	22
		Зуєва А. Д.	72
<b>Б</b>		<b>К</b>	
	111	Карпович Б. О.	98
Багаєв Д. О.	139	Ключник Є. С.	24
Басюк В.С.	5	Коваленко І. С.	26
Білоконь М.А.	7	Кожевникова В. Г.	74
Бін Д.	59	Кравченко Р. С.	156
Бойко А. Ю.	141	Крещук М. О.	100
Брехов Д.О.	70	Кудря Т. К.	77
Бураковська М. С.	90		
<b>В</b>		<b>Л</b>	
	9	Леонова А. О.	102
Вжеснєвський М.О.	9	Літвін В. О.	159
Внуков Т. С.	144		
Вяліна А. В.	93	<b>М</b>	
			151
<b>Г</b>		Мельник А. О.	105
	61, 63	Мешков А.Ю.	107
Гапон Н. Я.	61, 63	Мігаль С. Д.	29
Гонтаренко І. О.	11	Морозова К. О.	162
Горєва М. М.	146		
Гродецький А. Ю.	149	<b>Н</b>	
Гуржій Є. В.	151		32
Гусак О. А.	65, 80	Назаренко С. В.	32
		Небрат В. В.	65, 80
<b>Д</b>		Носик Д. О.	34
	13		
Дзюба С. С.	13	<b>П</b>	
Дмитренко Д. М.	67		110
Долгошея І. Д.	16	Павленко Ю. В.	110
		Пара І. І.	36
<b>Ж</b>		Посвалюк М. В.	80
	17	Проценко А.А.	39
Жезлова А. С.	95		

<b>Р</b>		<b>У</b>	
Роменський О. О.	42	Українець В. О.	126
Рябініна І. О.	165		155
<b>С</b>		<b>Х</b>	
Самченко С. А.	45	Хрустальова С.В.	47
Славгородський В. А.	112		39
Слюсар А.П.	47	<b>Ч</b>	
Смехов І. В.	114	Черних В. Д.	129,132
Стеблін Є. О.	116	Чуйков Д. В.	167
<b>Т</b>		<b>Ю</b>	
Тертишний К. А.	119	Юзифович Р. Ю.	170
Теслюк С. І.	51		
Тетеря В.В.	54		
Тимошенко М. В.	56		
Ткаченко А. М.	122		
Тохтамиш М. С.	124		
Туз В. П.	82		

## ЗМІСТ

Програмний комітет конференції.....	3
1. Комп'ютерно-інтегровані технології радіоелектронного приладобудування.....	4
2. РЕА вбудованих систем.....	58
3. Фізичні основи процесів в радіоелектроніці, комп'ютерній техніці та приладобудуванні.....	84
4. Системи безпеки технологічних та виробничих процесів.....	135
Алфавітний список.....	173



«РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА МОЛОДЬ В ХХІ СТОЛІТТІ»  
Матеріали 28-го Міжнародного молодіжного форуму

Відповідальні за випуск: О.І. Филипенко  
Комп'ютерна верстка: С.І. Теслюк

Матеріали збірника публікуються в  
авторському варіанті без редагування

Підп. до друку  
Умов. друк. арк. 11,6  
Зам. № \_\_ - \_\_\_\_.

Формат 60x84 1/16    Спосіб друку - ризографія  
Тираж \_\_\_\_ прим.  
Ціна договірна

---

ХНУРЕ. Україна. 61166, Харків, просп. Науки, 14

---





Матеріали XXVIII Міжнародного  
молодіжного форуму

---

«Радіоелектроніка та  
молодь у XXI столітті»

---

Харківський національний  
університет радіоелектроніки